



TITLE:

森林における大型土壌動物の落葉
粉碎と土壌耕耘に関する研究: ミミ
ズ類を主として(Dissertation_全文
)

AUTHOR(S):

渡辺, 弘之

CITATION:

渡辺, 弘之. 森林における大型土壌動物の落葉粉碎と土壌耕耘に関する
研究: ミミズ類を主として. 京都大学, 1972, 農学博士

ISSUE DATE:

1972-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r2009>

RIGHT:

新 制

農

125 五

森林における大型土壌動物の

落葉粉碎と土壌耕耘に関する研究

— ミミズ類を主として —

渡 辺 弘 之

1971

森林における大型土壌動物の
落葉粉碎と土壌耕耘に関する研究

— ミミズ類を主として —

渡 辺 弘 之

目 次

まえがき 目的と意義	1
第 1 章 森林における土壌動物の役割	3
第 2 章 大型土壌動物の個体数・現存量と環境要因の影響	7
1. 大型土壌動物の定義	7
2. 調査・研究の方法	9
3. 主要調査地	9
4. 大型土壌動物の個体数・現存量と環境要因	10
1) 温度条件の影響	10
2) 地域的な要因の影響	18
(1) 季節的変動	18
(2) 地形・水分条件の影響	21
(3) 地表植生の影響	27
(4) 土壌の性質の影響	29
5. ミミズ類の重要性と落葉分解への関与	33
(1) ミミズ類の重要性と食性	33
(2) 大型土壌動物と A。屑量およびその平均分解率との関連	36
第 3 章 土壌中におけるミミズ類の activity	43
1. 土壌摂食性ミミズの activity	43
1) 生態的特性	44
2) 室内飼育における activity	46
3) 野外における activity	51
4) 排出土の理化学的性質の変化	59

2. 落葉摂食性ミミズのactivity	64
1) 生態的特性	64
2) 室内飼育におけるactivity	64
3) 森林におけるactivityの推定	71
4) 排出土の理化学的变化	74
結 論	75
摘 要	76
参 考 文 献	78

まえがき 目的と意義

土壌中に生活する動物—土壌動物には、きわめて多種多様なものが含まれているので、土壌動物に関する研究は Darwin, C. (1881) のミミズの研究以来、個々の動物について、分類・形態学的研究を主にかなり多くの業績があり、最近では Kühnelt, W. (1950, 61)、Dunger, W. (1964)、Kevan, D. K. McE (1955, 62)、Macfadyen, A. (1963)、Murphy, P. W. (1962)、Burges, A. & F. Raw (1967)、Graff, O. & J. E. Satchell (1964)、Jackson, R. M. & F. Raw (1967)、Wallwork, J. A. (1970) などの総括的な著書がいつい出版され、土壌動物の研究に有益な指針を与えてくれる。

しかし、わが国の森林の土壌動物についてみると、コガネムシ、コメツキムシ、線虫類など、いわゆる害虫に関する研究が、わずかにあるだけで、わが国唯一の土壌動物に関する著書である江崎・野村 (1943) も害虫としての土壌動物とその防除法を扱ったものである。

森林においては落葉層や土壌中に生息する多種多様な土壌動物が気象・植生・土壌などの環境因子に支配されながら、落葉や枯死した根などを摂食し、また土壌中を移動している。これは年々供給される落葉を摂食・粉砕し、土壌を耕耘、改良していることになる。すなわち、森林の土壌中に生息する土壌動物の種類組成、個体数、現存量、食性、生活史などが森林生態系の物質循環の速度や量に大きな影響を与え、それは森林の一次生産にも強いつながりを持つということである。このような森林生態学的な立場からの森林の土壌動物についての研究はやっと始まったばかりであって、森林の土壌中にどんな動物が、どのくらい生息し、その落葉摂食・粉砕量、土壌耕耘量、土壌動物の二次生産量はどのくらいかといった量的な知識についてはきわめて乏しく、森林における土壌動物は今後の重要な研究課題であるといえる。

本研究において筆者は異なる植生、気象、土壌条件下の各種の森林および草地で、ミミズ類を主とする大型土壌動物について、種類組成、個体数、現存量とそれらと環境要因との関連について述べ、森林における大型土壌動物の総括的な把握をしたい。また、これら大型土壌動物の森林生態系における役割をミミズ類が代表してはたしていることを強調し、このミミズ類の役割、活動量 activity を土壌摂食性ミミズのクソミミズ *P. hupeiensis* および落葉摂食性ミミズのシーボルトミミズ *P. sieboldi* を用いて、飼育および野外調査から量的に示したいと思う。

森林における土壌動物相はきわめて多種多様であり、多くの未知の問題が残っているが、大型土壌動物に限ってみた場合、本研究によって動物相の量的な把握とその活動力を量的に示すことがで

きたことは、今後の土壌動物に関する研究に大きな参考になるとともに、森林の土の中に人間の眼にふれず生活する動物たちに科学の眼をむけさせることができるものと考えている。

本研究には終始、京都大学農学部 四手井樹英教授、堤 利夫助教授、同附属演習林 赤井竜男助教授、古野東洲助教授および東京都立大学理学部 北沢右三助教授にご指導賜った。記して厚くお礼申し上げる。

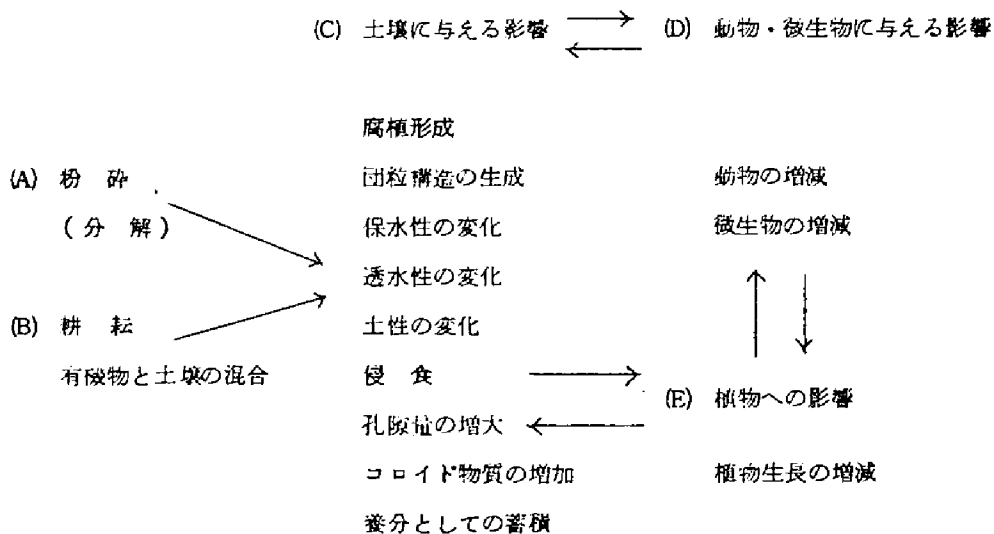
また、個々の動物については同定、ご教示を多くの方々から賜ったが、とくに、ミミズ類については函館大学故山口英二教授、同上平幸好講師、草地試験場 中村好男技官にご教示をいただいた、厚くお礼申し上げる。

大きな労力を要する土壌の掘りとり調査には佐野宗一教授はじめ附属演習林および農学部森林生態学研究室の各位にご援助をいただいた、厚くお礼申し上げる。

第 1 章 森林における土壌動物の役割

Darwin, C. (1881) 以来、土壌動物の役割、機能はいろいろと認められてきたが、その役割は大きく 2 つに分けることができる。すなわち、1 つが林冠から供給される落葉・落枝および地中で枯死した根の摂食による粉砕（分解）であり、もう 1 つが、土壌中を移動することによっての耕耘および有機物と鉱物質土壌の混合である。

この 2 つの役割は相互に作用しあって、A₀ 層や土壌にいろいろな理化学的性質の変化を与え、それは微小動物、微生物に影響を与え、それらの増減が植物生長に結びついたり、被害というかたちで、植物に影響を与えたりする。また、微生物の増減が土壌動物にいろいろな影響を与えているものと考えられる。土壌動物の役割として、今までに認められているものを、整理してみると次のように表わすことができる。



(A) 粉 砕 土壌動物は地表に堆積する落葉・落枝や土壌中の根を直接摂食し、不消化物を排出するが、この過程において落葉・落枝は細かく粉砕される。また、摂食された部分とともに、食べ残されたものも相当に小さくなっている。摂食のしかたも大型の動物は外部から食べるが、小さな動物は落葉の内部にも潜入して摂食する。しかし、大型土壌動物による粉砕から、微生物による無機質への分解までに落葉と落枝、倒木、切株など木質部では異なった過程をたどる。森林においては落枝、倒木、切株枯死根など、その重量は大きいと思われるのに、これらを摂

食物とするキクイムシ、カミキリムシ、クチキムシなどについては、材の腐朽段階における動物の変遷がとり扱われているだけで、これら粉砕・分解についての知識は乏しい。

落葉については大型のもの、マイマイ、ダンゴムシ、ヤスデ、ヒメフナムシ、ミミズ、シロアリ類はかなり新鮮なものでも摂食する。腐朽したもの、大型土壤動物の糞などをダニ、トビムシ、ヒメミミズ類が摂食するといわれているが、新鮮な落葉を食べるもの、腐朽した落葉を食べるものという明確な区別はできないであろう。

また、ミミズ類は土壌を砕くことができるといわれている。すなわち、Satchell, J. E. (1955, '67) は排出土壌は摂食土壌にくらべて、その土壌粒子が細かく、これは消化管内での摩擦作用によるものであると述べている。しかし、Lunt, H. Aftal (1944) は摂食土と排出土の粒子組成に差をみとめていない。

(B) 耕耘、有機物と鉱物質土壌との混合

土壤動物の多くは地表の有機物を摂食し、その排出物を土壌中に糞として残したり、あるいは有機物を土壌中に引っ張りこんだり、深いところの土壌を地表に運ぶなど、土壌と有機物を垂直・水平方向に移動混合させる。

これらにはミミズ、シロアリ、アリ類がとくに大きな役割をはたしていると考えられている。

ミミズについては Darwin, C. (1881) は $8 \sim 18 \text{ ton/acre/y}$ 、平均 14 ton/acre/y の土が、Evans, A. C. (1948, 49) は土壌や地表植生によって異なるが $2 \sim 35 \text{ ton/acre/y}$ の土がミミズによって動かされていると述べている。また、Kubienna, W. L. (1955) は有機物と土壌を混合し、土壌を耕耘することは他のどんなものでも替えられないと述べており、水田、畑においては耕耘機などによって人為的に耕耘が行なわれているが、森林などにおいては耕耘はすべて土壌中に生息する動物たちにかかされている。

このほか、耕耘による土の物理性の改良は土壌の透水性を改良し、そのことによって水による有機物や無機物の下方への移動を容易にするという点で物質の下降運動に貢献しているものともみられる。

(C) 土壌に与える理化学的影響

腐植形成 Kubienna, W. L. (1955) は動物の活動の少ないところでは腐植化が少なく、腐植形成は動物の排出物の堆積と平行し、ムル型土壌はミミズやヒメミミズの排出物で形成されていると述べている。これは土壤動物の存在が微生物による腐植形成を促進することである。

団粒構造の生成 宮坂 (1961) はミミズを種々の粒径の土壌で飼育したところ、 $1 \sim 2 \text{ mm}$ の団粒が多くなることを報告し、団粒はミミズの糞そのものであると述べている。

保水性の変化 動物の不消化排出物は保水性がよく、また、水は団粒構造の中、土壤中の孔道、耕耘によって増えた孔隙の中にたまるので保水性がよくなる。

透水性の変化 土壤中に作られたミミズの孔道、孔隙などによって透水性がよくなり、Guild, W. J., McL. (1955) はミミズの活動によって水の浸透する速度は著しく早くなると述べている。

土性の変化 混合、耕耘などによって、土壌の異なる大きさの粒子を混合、均一にする。とくに、ミミズ、アリ、シロアリ類は土壌中深くから土壌を地表にあげ、地表の有機物や土壌を地中深くまで運ぶ。また、Darwin, C. (1881) は畑の石がだんだん埋っていくことを述べているが、これも土性の変化の一つのあらわれであろう。

飼 食 Barley, K. P. (1961) は地表に排出されたミミズ類の糞は雨などによって流れやすくなると述べているし、Darwin, C. (1881)、畑井 (1931) はミミズが孔隙を増し、保水、透水性をよくするので、石垣がくずれることがあると述べている。

孔隙量の増大 土壌動物は土壌中を動きまわり地中にトンネルを掘り、それを補強する。ミミズ類によるこの役割は大きく、Satchell, J. E. (1967) はミミズ類によるトンネルは牧草地で100~300本/m²にも及び、そのトンネルの占める量は土壌孔隙量の2/3にもなり、草地では0.05 cc/cc であったと述べている。Jacot, A. J. (1940) は土壌動物が土の中で根などを食べ、そこにも孔隙を残すと述べている。また、Guild, W. J., McL. (1955) はミミズの中には2~3 mも深くもぐるものがあると述べており、孔隙量の増大にミミズ類やセミ、コガネムシ、アリ、シロアリ類が大きな役割をはたしている。

コロイド物質の増加 Guild, W. J., McL. (1955) は保水力の増加は有機物と鉱物質土壌の混合によってできたコロイド物質の増加に原因すると述べ、また、ミミズ類などの排出物は保水力の大きいコロイドに転換されており、水分の蒸発を減ずることになると述べている。

養分としての蓄積 動物のからだ そのものは窒素の集積体となり、その脱皮物、排出物は高い窒素含有率を示し、微生物の活動を助ける。とくに、ミミズ類の体組成の蛋白含有量は高く乾量の54~72%に達し、1頭あたり10mgの硝酸態窒素を生ずるという(Satchell, J. E. 1967)。また、Barley, K. P. et al. (1957) はミミズによって摂食されたnon available窒素の64%がavailableなもので排出されると述べている。動物の多いことはそれだけ窒素量の多いことになり、動物・微生物の養分源として大きな意味を持っている。

(D) 動物、微生物に与える影響

Engelmann, M. D. (1961, 66) などは土壤動物、とくにダニ類が菌類を食べ、菌類の population の減少をまねくといひ、一方、Kevan; D. K. McE (1965) は落葉と土壤の混合は微生物の活動範囲を広げ、動物は菌糸の入った有機物を動かして新しい材料を提供するし、摂食された胞子はそのまま排出されるので、排出物はよい微生物の繁殖場所になると述べている。また、よく知られているように、ミミズ類の増加はモグラを呼ぶといわれるなど、微生物、動物の増減はその捕食者を増減させるなど、動物と微生物の相互関係はより複雑になる。さらに、孔隙の増加、土壤の性質の変化などによって動物の生息範囲は拡大し、動物の増加をまねくことになる。

(E) 植物に与える影響

動物による土壤の理化学的性質の変化、改良などによって森林においては林木の生長、生産力の増大が考えられる。Barley, K. P. (1961) はミミズを入れたポット試験および野外実験で、ミミズの存在する方が牧草の収量が多くなり、ミミズのいる草地で 4,420 ポンド、ミミズのいないところで 2,540 ポンド/acre であったことを述べ、ミミズ類の遺体の施肥効果が大きかったと述べている。また、ヴォロンツォフ、A. N. (1960) はズラジェフスキーの実験結果としてミミズを入れた鉢に植えられたナラ、トネリコの苗が入れなかったものに比較して、重量で大きく増加したと述べている。しかし、森林における土壤動物と生産量との直接的因果関係はまだ調べられていない。

このような土壤動物の土壤の改良や施肥効果によって植物の生長促進、収量の増加が認められる一方、Ghilarov, M. S. (1965) は食植性動物であるコガネムシ、コメツキムシ、アリマキ類は被害という形で収量を減少させ、また線虫は「いや地」の原因になると述べている。また、植物病菌をこれら土壤動物が運搬することも認められ、アリマキ、線虫、ヒメミミズ、ヤスデ、ダンゴムシなどが根ぐされ病や他の病菌を運搬するともいわれている。

いろいろと認められ、推測されていた土壤動物の役割を、まず、落葉の粉碎と土壤の耕耘に大別し、それらが土壤の性質にどんな変化、改良を与えるかをまとめてみた。しかし、植物生長、とくに林相の変化などは地中地表の動物に大きな影響を与えるので、ここに示した関係は一方的なものでないといえよう。

第2章 大型土壌動物の個体数、 現存量と環境要因の影響

1. 大型土壌動物の定義

土壌中に生活する動物、土壌動物の定義をCameron, A.E. (1925) は「一時的に、または発育過程中の一時代あるいは数時代を土壌の表面に接触し、または土壌中において生活するもの」としている。落葉層や鉱物質土壌中で一代をすごすもの、幼虫や蛹の時代だけ土壌中で生活するもの、また越冬、営巣などのために土壌中に入ってくるものなど、土壌動物には多種多様な生活史を持ったものを含んでいる。Kühnelt, W. (1955), Keven, D.K. McE. (1955) らは土壌動物として出現してくるものはProtozoa (原生動物), Trocheilminthes (担輪動物), Nematelminthes (円形動物), Nermntini (紐形動物), Mollusca (軟体動物), Annelida (環形動物), Arthropoda (節足動物), Vertebrate (脊椎動物) のうちのAmphibia (両棲類), Reptilia (爬虫類), Aves (鳥類), Mammalia (哺乳類) などであると述べ、草地、海岸、マングローブなど特殊な地域の土壌をも対象とすれば、すべての無脊椎動物のphylum (門) が出現するだろうとも述べている。

しかし、これら多種多様なものを同一の方法によって採集し、取扱うことは不可能なので、動物の大きさ、生活型、近縁種、採集方法などによって研究対象が決められている。

とくに、土壌動物すべてを対象とする場合、大きさによって、それら動物をいくつかに分けるとが行なわれている。

古くは肉眼で見えるものをmacro fauna (大型土壌動物)、見えないものをmicro fauna (小型土壌動物) と区別したようであるが、Fenton, G.R. (1947) は40 μ 以下をmicro fauna, 40 μ 以上数cmのものをmeso fauna (中型土壌動物)、トカゲ、ネズミなどをmacro fauna とした。これをMurphy, P.W. (1953, 55) はmicro fauna を100 μ 以下、meio fauna, meso fauna を100 μ ~1cm, 1cm以上のものをmacro fauna とし、Wallwork, J.A. (1970) はmicro 20~200 μ , meso 200~1cm以上をmacro fauna としている。

わが国でも土壌動物を大きさによってmacro, meso, micro fauna と大別し、IBP を中心に研究が始まっているが、その分け方はきわめてあいまいであって、青木 (1966) はmeso fauna をTullgren funnel 装置で抽出されるものとしている。網の目の大きさによって

抽出される動物の大きさが制限されるにしても、ヒメミミズ、線虫類は、これらの装置では採集できないので、meso fauna は大きさによるよりも、抽出方法によって決められていることになる。大型土壌動物macro fauna についても同様で、北沢ら(1954, 62)は吸虫管、ピンセットを用いたHand sorting 法によって採集できるものとしている。Hand sorting 法によって採集されるトビムシ、ダニ、ヒメミミズ、線虫類などはfunnel 法、Baermann 法、Nielsen 法など装置を用いた結果と比較して著しく少ないので、大きな労力を払って採集する意味は少ない。

このように研究者によって大型土壌動物の定義、範囲が異なり、調査結果の比較研究や動物の個体数の正確な算定を困難にしている。これらのことから筆者はHand sorting 法で採集可能なものをほぼ1mmとし、成体が1mm以上の大きさになる次の動物群に含まれるものを大型土壌動物とすることにした。

大 型 土 壌 動 物 の 範 囲

袋形動物	線形虫綱	ハリガネムシ目	ハリガネムシ科
軟体動物	腹足綱	柄眼目	ニッポンマイマイ科、ナメクジ科、オナジマイマイ科、キセルガイ科
環形動物	蛭綱		ヤマビル科
	貧毛綱		ツリミミズ科、フトミミズ科
節足動物	蛛形綱	カニムシ目	ヤイトムシ科、盲蛛目
		真正蜘蛛目	
	甲殻綱	等脚目	ワラジムシ科、ダンゴムシ科、ヒメフナムシ科
		端脚目	ヒメハマトビムシ科
	倍脚綱	オビヤスデ目、ヒメヤスデ目	
	唇脚綱	ゲジ目、イシムカデ目、ジムカデ目、オオムカデ目	
	結合綱		ナミコムカデ科
	昆虫綱	総尾目(イシノミ科)、直翅目、革翅目、嘴虫目、等翅目、総翅目、脈翅目、鱗翅目、膜翅目、鞘翅目、半翅目、双翅目	

ここに示したものを大型土壌動物としておき、線虫、ヒメミミズ、トビムシ、ダニ類などは大きなものでも除いておくことは野外調査、室内での整理にきわめて実的である。

しかし、これら大型土壌動物の卵、幼体などについてはHand sorting 法での採集は困難である。

2. 調査研究の方法

大型土壌動物の野外調査の際の最大の困難は動物が土という媒体の中に生活しているため、土と動物と分離することである。このため大きな労力を必要とするし、Hand sorting 法による調査者の個人差がでてくる危険性があるが、大型土壌動物はていねいな掘りとり調査でほぼ採集できるものと考えている。

大型土壌動物の採集には50cm×50cmのquadrate (1部には1m×1m)を森林内に4個以上設定し、地表の活動のはげしいクモ、ヒメフナムシなどを採集しながら、堆積した落葉をビニールシートに移し、生息する動物をピンセット、吸虫管などを用いて採集し、つづいて土壌を深さ10cmごとに、または土壌の層位ごとに掘りとり、シートの上で土を砕きながら、Hand sorting 法によって採集した。採集できた動物はアルコール液に保存し、双眼顕微鏡を用いて種類分けし、個体数をかぞえ、その個体重をmg単位で測定した。個体重は湿重量で測定したが生重-湿重-乾重関係式を求めておいた。湿重に対する乾重量は18~31%、平均値は24%で、生重に対する湿重は72%であったので、本研究において示した動物の現存量の生重-湿重-乾重の換算は次式で求められる。

$$F = 1.39 W \quad (F: \text{生重} \quad W: \text{湿重} \quad D: \text{乾重})$$

$$D = 0.24 W$$

掘りとった深さは10cmごと、層位ごと、いずれの場合も動物が出現しなくなるまで、または基岩に達するまでで、ほぼ50~80cmまで掘りとった。

調査に際しては主要構成樹種、立木密度、平均胸高直径、地表植生量、地表植物、A₀層量、深さ10cmごとの根の量などをできるだけ記録し、乾重量のサンプルをとった。

土壌調査は400cc採取円筒を用い、炭素含有率はチューリン法、窒素はケルダール法で分析した。また、調査はできるだけ森林生産力測定グループと協同して行ない、落葉量などとの関連を調べた。

3. 主要調査地

大型土壌動物の調査は動物相とその主要な構成者であるミミズ類の各種の森林における概要を知るために、森林植生の垂直、水平的な変化と対応させ、森林限界であるハイマツ群落から、亜寒帯林(ダケカンバ、アカエゾマツ、オオシラビソ、コメツガ)、温帯林(ブナ、ミズナラ、スギ、モ

ミ・ツガ林)、暖帯林(シイ・ツバキ林)などの天然林で主として調査を行ない、このほか各種の人工林などでも調査を行なった。

大型土壌動物の調査を行なった主要な林分は次のとおりであるが、調査地の標高、気温指数、土壌型、地表植生量、A層量、掘りとった深さなどは採集された動物の個体数、現存量とともに付表に示しておいた。

ハイマツ群落、ダケカンバ林、アカエゾマツ林、アカエゾマツ・トドマツ・ダケカンバ混交林
(北海道上川郡大雪山、勇駒別)

ダケカンバ林、オオシラビソ・コメツガ林(長野県下高井郡山の内町 志賀高原)

カラマツ人工林、ストロブマツ人工林(長野県下伊那郡阿智村)

ブナ林、ミズナラ林、ブナ・ミズナラ・スギ混交林、ミズナラ・ウラジロガシ混交林、トチノキ林、ゴヨウマツ林、スギ林、ススキ草原、草地、スギ人工林(京都府北桑田郡美山町芦生 京都大学芦生演習林)

アカマツ林(広島県芦名郡協和村)

モミ・ツガ林(和歌山県有田郡清水町上湯川 京都大学和歌山演習林)

シイ・ツバキ林、シイ・ナギ混交林、テーダーマツ人工林、スラッシュマツ人工林(和歌山県西牟婁郡白浜町 京都大学白浜試験地)

4. 大型土壌動物の個体数、現存量と環境要因

大型土壌動物の種類組成、個体数、現存量は土壌動物の動き activity を示す一つの指標であるので、各種の森林における大型土壌動物の種類組成、個体数、現存量とその大きさ、構成を制限する環境要因との関連について述べる。環境要因すなわち、気象条件(温度、降水量)、植生条件(構成樹種、地表植生)、土壌条件(土壌の深さ、性質、母材)などは複雑で、それはまたお互に独立した因子ではないので、個々の因子との関連を把握することは困難であろうが、大きなスケールで見た場合、大型土壌動物の個体数、現存量は温度条件の影響を最も大きく受けていると考えたので、まず、大きなスケールでの温度条件との関連を求め、さらに、同一温度条件下でのいくつかの要因との関連を示した。

1) 温度条件の影響(マクロな要因)

材 料

調査は寒帯(ハイマツ群落)、亜寒帯林(オオシラビソ・コメツガ林、ダケカンバ林、アカエゾマツ林)、温帯林(ブナ林、ミズナラ林、スギ林)、暖帯林(モミ・ツガ林、シイ・ツバキ林)などで行なっているので、これらを総合して材料とし、北沢ら(1954, 61)、斎藤

(1964) の調査結果を参考につけ加えた。

種類組成は大型土壤動物として採集されるものは幼体が多く、種の段階での種類組成を比較することはきわめて困難であるので、主要な動物を目、科などを単位とする次のグループに分け、グループ組成として示した。

- 1) 軟体動物 2) ミミズ 3) ヒル 4) ヤスデ 5) イシムカデ 6) シムカデ 7) ダンゴムシ 8) ワラジムシ 9) ヒメフナムシ 10) ヒメハマトビムシ 11) カニムシ 12) クモ 13) メクラグモ 14) コムカデ 15) バッタ・コオロギ 16) ハサミムシ 17) シロアリ 18) ハサミコムシ 19) アリズカムシ 20) ハネカクシ 21) ソウムシ 22) ハムシ 23) コガネムシ 24) ゴミムシ 25) コメツキムシ 26) その他の鞘翅目昆虫 27) セミ 28) カメムシ・アワフキムシ 29) 蛾 30) アリ 31) ハチ 32) 双翅類 33) その他

このグループ分けは26)、31)、32)、34)、を除いて、ほぼ同じ生活型、食性を示すものと考えられる。また、温度条件は温量指数(暖かさの指数)[月平均気温の5℃以上の月から5℃を引いた年総計]として表わした。

結 果

グループ数の多少が種類組成の豊富さを表わしているものとして、各種の森林におけるグループ数をみると、図1に示したように温量指数に比例して、ほぼグループ数は多くなる傾向を示し、亜寒帯林では20以下、温帯落葉広葉樹林で20~30と最も多く、暖帯常緑広葉樹林ではやや少なく20以下になっている。

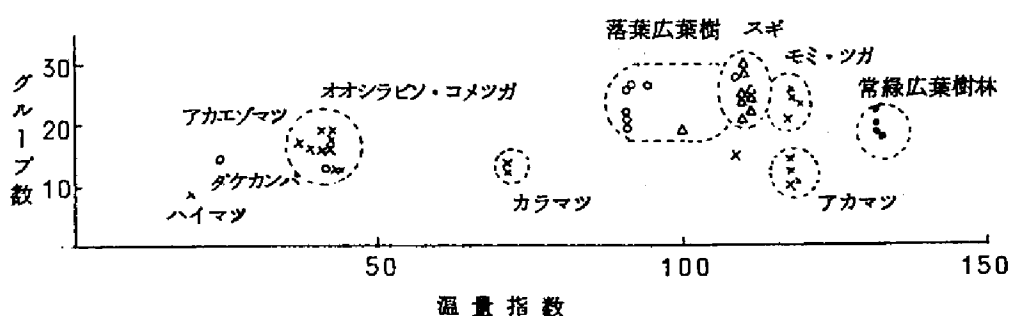


図1 グループ数と温量指数

この各グループの総個体数に占める割合（優占度）を求め、各森林での大型土壌動物の優占グループと共通グループをみると、表1に示したように、各森林によって構成割合が異なるものの、大型土壌動物として、いずれの森林においても共通的に現われ、その優占度の大きいものはミミズ、イシムカデ、ジムカデ、クモ、アリ類であり、また、ヤスデ、コムカデ、ハネカクシ、コガネムシ、ゴミムシ、コメシキムシ、カメムシ、双翅類は優占度は大きくないが、いずれの森林にも共通的に出現してくるものであることを示している。これに反し、ヒメハマトビムシ *Orchestia platensis japonica* (Tattersall)、ダンゴムシ *Armadillidium vulgare* (Latreille)、ワラジムシ *Porcellio scaber* Latreille、ヒメフナムシ *Ligidium japonicum* V. カニムシ、直翅類、シロアリ、セミ類は温帯落葉広葉樹林や暖帯常緑広葉樹林にはよく出現し、優占度の大きい主要な動物であることを示している。また、ヒメガロア *Galloisiana yuasai* Asahina は亜寒帯針葉樹林（オオシラビン・コメツガ林）では主要な動物の一つであることを示している。

次に大型土壌動物の個体数であるが、ハイマツ群落ではわずかに 56 個体/㎡、亜寒帯針葉樹林では 250/㎡以下であるのに、温帯落葉広葉樹林では 200~500 個体、暖帯常緑広葉樹林では 1400 個体/㎡にも達し、土壌中にきわめて多くの大型土壌動物の生息することを示している。この大型土壌動物の個体数と温量指数の関係を図2に示した。個体数は温量指数に比例して大きな値を示している。すなわち、温量指数の大きいところほど、大型土壌動物の個体数の最大値はより大きくなるが、最大値と最小値の較差はかなり大きなものであることを示している。

さらに個体数とともに個体重の総和である現存量も各森林における動物の activity を示す主要な指標であるが、大型土壌動物の現存量はハイマツ群落ではわずかに 0.8 g/㎡、亜寒帯針葉樹林では 0.2~1.0 g、温帯落葉広葉樹林では 3~20 g、スギ人工林 5~25 g、暖帯常緑広葉樹林では 50~150 g/㎡にも達した。土壌中に生息する大型土壌動物の現存量の大きいことを示しているが、この現存量と温量指数の関係も図-3に示したように、温量指数の大きいところほど最大値は大きくなるが、最大値と最小値の較差の大きいことを示した。

また、温量指数に比例して個体数、現存量ともに大きくなる傾向を示しているが、現存量が著しく大きくなるので、各森林における大型土壌動物の平均個体重を温量指数との関係で示した。図-4のように温量指数の大きいところほど平均個体重の大きくなる傾向を示している。

表1 大型土壌動物のグループ分けとその優占度

	ハイ マツ	ダ ケ カン バ	アカ エゾ マツ	アカ エゾ トドマツ	オコ メ シ ラ ビ ン ガ	ド イ ツ ト ウ ヒ	ブ ナ ノ キ	ブ ナ ノ キ	ミ ズ ナ ラ	ブ ミ ス ナ ズ ノ ナ キ ラ ギ	ス ギ	ミ ウ ラ ズ ジ ナ ロ ガ ラ シ	ア カ マ ツ	モ ミ ツ ガ	シ イ ・ ナ ギ	シ イ ・ ツ バ キ	シ イ ・ ク ス ノ キ
マイマイ Mollusca					○	○	○	○		○	○				○	○	○
ミミズ Lumbricidae	○	●	○	◎	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	◎	◎	◎
ヒル Hirudinea		○	○	○			○	○	○	○		○		○	○		
ヤスデ Diplopoda		○	○	○	○	○	◎	◎	○	○	○	◎	○	◎	◎	○	◎
イシムカデ Lithobiidae	◎	○	◎	○	◎	◎	○	○	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	○
ジムカデ Geophilidae	◎	○	◎	●	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	○	○	◎	◎	◎	○
ダンゴムシ A.vulgare						○	○	○		◎		○	○	◎		◎	○
ワラジムシ P.scaber									○						○	○	○
ヒメフナムシ L.japonicum				○			○	○			○	◎	○			○	◎
ヒメハマトビムシ Amphipoda										○		◎	○			○	◎
カニムシ Cheriferidea	○		○		○		○		○	○	○	○	○	○	○		
クモ Araneina	◎	○	○	◎	○	◎	◎	○	◎	○	○	◎	◎	◎	○	○	○
メクラグモ Opiliones				○	○	○				○		○	○		○		
コムカデ Symphyla			◎	○	◎	◎	○	○		○	○	◎	○	○	○		○
ハサミコムシ Thyanura		○		○			○			○				○	○	◎	
バッタ Orthoptera							○	○	○	○		○	○	○	○	◎	◎
ハサミムシ Dermaptera								○	○							(ゴキブリ)	
シロアリ Isoptera							○				○		○	○	○	○	○
アリズカムシ Pselaphidae						○	○	○			○	○					○
ハネカクシ Staphylinidae	○	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○		○	○		○
ゾウムシ Culicididae	○			○		○	○	○			○	○	○				
ヘムシ Chrysomelidae		○				○	○	○			○	○		○			○
コガネムシ Scarabidae				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ゴキムシ Carabidae	◎	○			○	○	○	○	○	○		○		○		○	○
コメツキムシ Elateridae	○	○	○	○	◎	◎	○	○		○	○	○		○	○	○	○
other Coleoptera		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
セミ Cicade						○		○			○	○	◎	○	○	○	○
カメムシ Hemiptera				○	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○	○
ガ Lepidoptera				○	○		○	○	○		○	○	○				○
アリ Formicidae		○		◎		○	○	○	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	○	○
ハチ Hymenoptera					○	○	○	○			○	○		○	○		○
ハエ Diptera		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○
others			◎	○	◎	◎	○				○	○	○		○		○

● 50%以上 △ ガロアムシ

◎ 10%以上

○ 10%以下

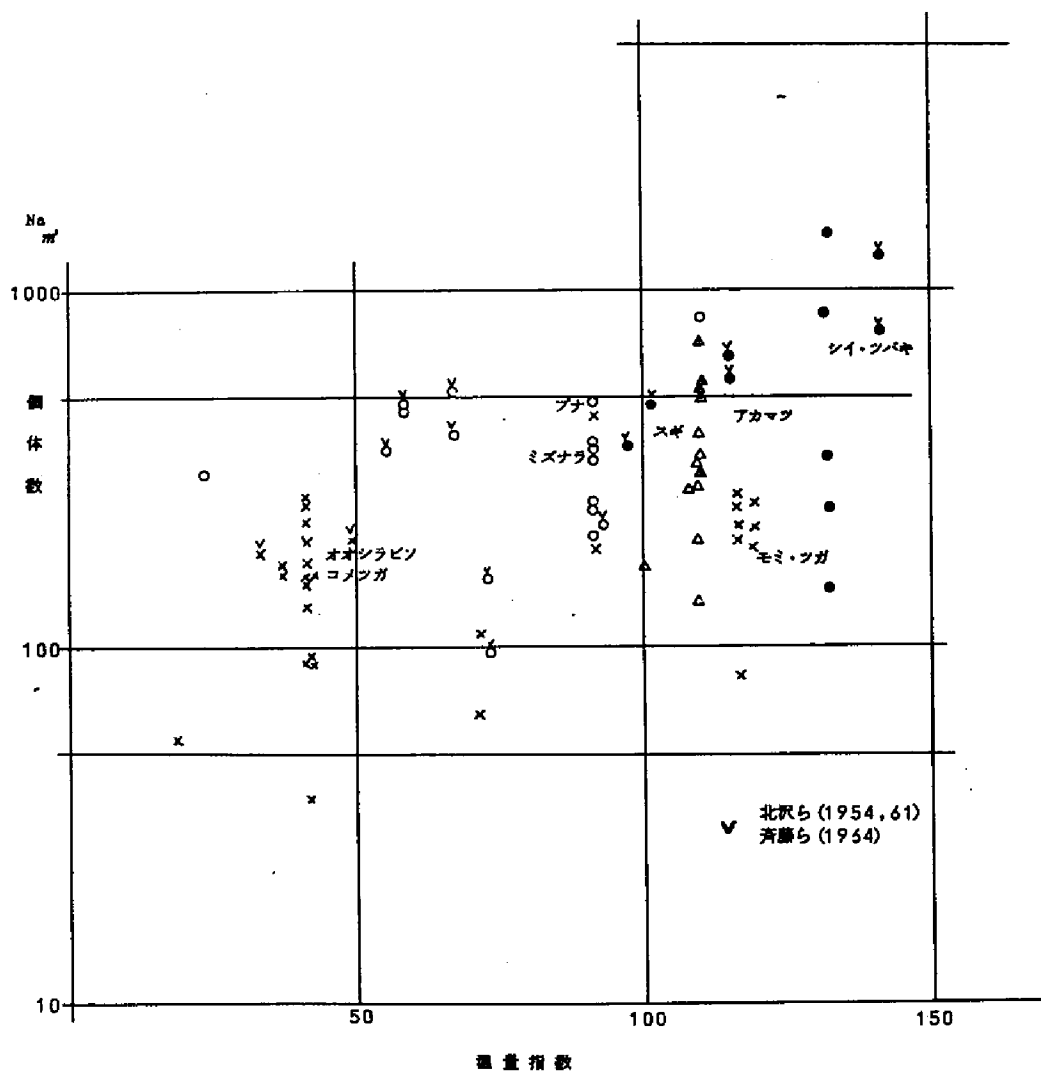


図2 大型土壌動物の個体数と個体指数

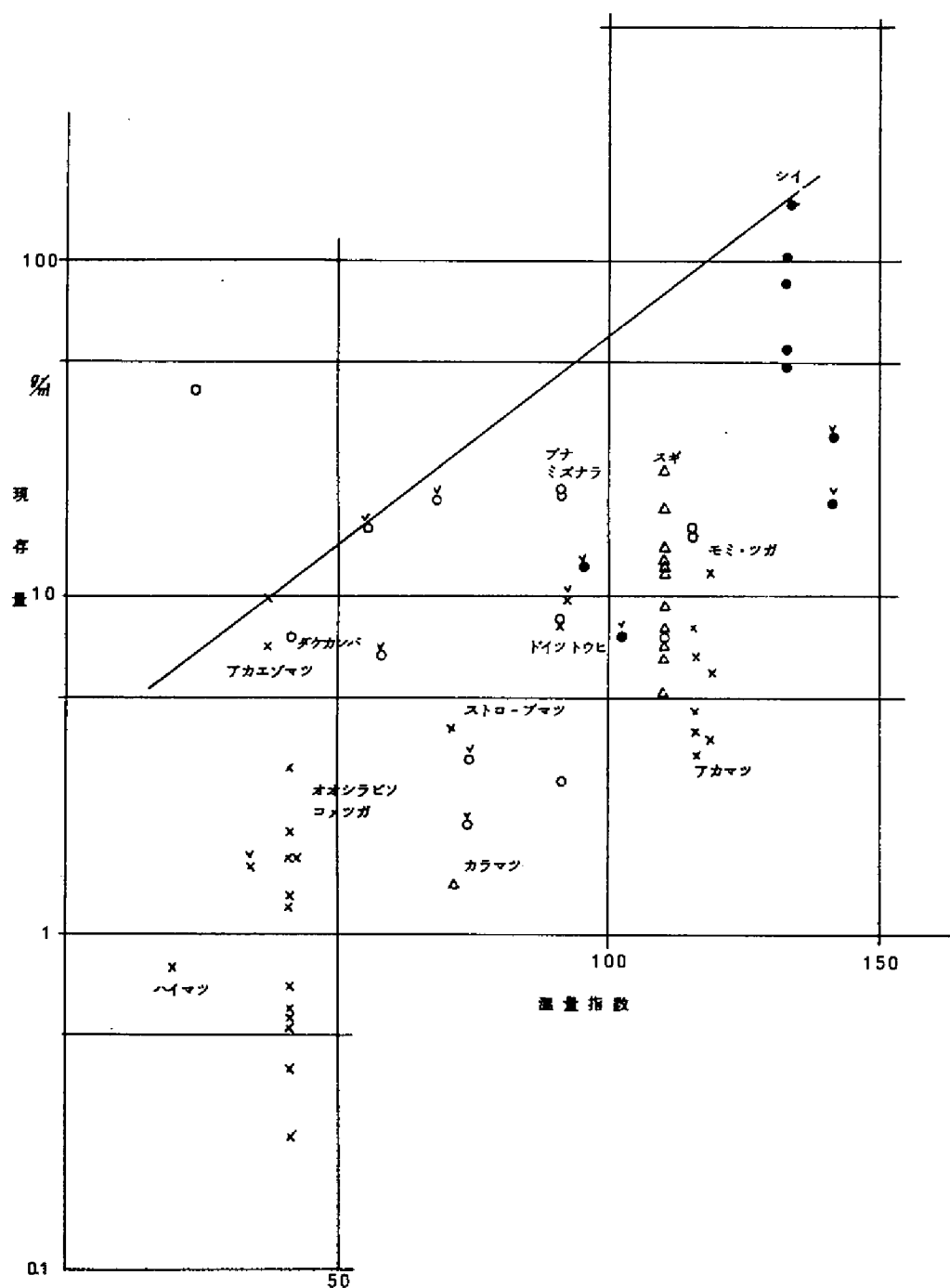


図3 大型土壌動物の現存量と掘量指数

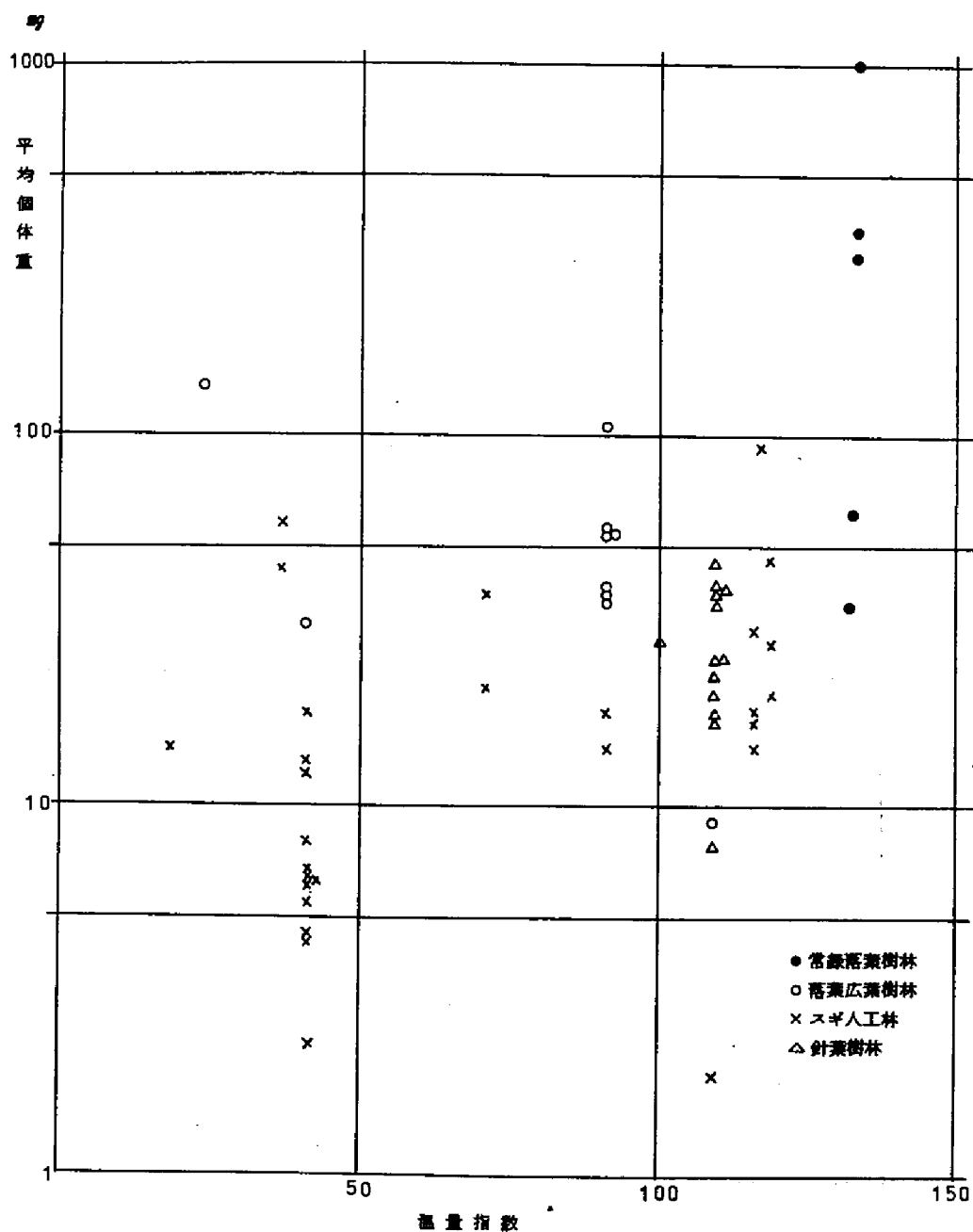


図4 大型土壌動物の平均個体重と温量指数

考 察

各種の森林、それも亜寒帯、温帯、暖帯の天然林を対象に調査を行なったが、森林帯、その構成樹種の変化は主として温度要因の影響を最も強く受けているとみてよからう。大型土壤動物も、これら森林帯の構成樹種に適応して生息しているのであるから、大型土壤動物の種類組成、個体数、現存量と温度条件との関係を知ることは意義がある。温度条件を温量指数で表わした場合、温量指数の増大にともなう、より複雑な組成、より大きな個体数、現存量を示す傾向を得たことは土壤動物の各種の森林での落葉粉砕、物質循環への役割を知る上で大きな収穫であろう。

これはまた、Bornebusch, C. H. (1932) のトウヒ林よりも、ブナ林、カンシ林に個体数、現存量が大きいとか、北沢ら (1961) の標高にともなう個体数、現存量が減少するといった結果をも総括的に説明できるものであろう。

しかし、種類組成、個体数、現存量に影響を与える最も大きな要因は温度であるとしても、温量指数と個体数、現存量の関係図はほぼ同一の温度条件下でも最大値と最小値にかなりの較差のあることを示している。これは同一温度条件下でも調査時期、地形、土壌、構成樹種、地表植生などのちがいによるものとみられる。しかし、その変動は温度条件の影響を超えておこるものではないといえそうである。

2) 地域的な要因の影響 (ミクロな要因)

大型土壤動物が気象条件、とくに温度条件の影響を大きく受け、温量指数の大きいところほど個体数、現存量が大きくなり、種類組成も複雑になる傾向を示したが、ほぼ同一の温量指数でも最大値と最小値の較差の大きいことが示された。この差は動物の個体数、現存量の季節的な変動によるものか、あるいは地域的な要因によるものかを知るため、モミ・ツガ林、スギ人工林における季節の変動と地域的な要因として、地形のちがい、地表植生のちがい、土壌のちがいによる影響を調べてみた。

(1) 季節的な変動

モミ・ツガ混交天然林

調査したモミ・ツガ混交天然林は和歌山県有田川の最上流にある京都大学和歌山演習林にあり、標高約 700 m、立木本数 1373 本/ha、平均直径 17.2 cm、胸高断面積合計 50.1 m²/ha、の林分である。調査は 1969 年 5 月、8 月、11 月の 3 回、3 カ月ごとに行ない、quadrates は 50 cm × 50 cm を 7 個設定した。

結 果

このモミ・ツガ林の個体数は表-2 に示したように春から秋にかけて、わずかしき変化しないのに、現存量は春から秋にかけて減少することを示している。個体数が季節によってそれほど変

化しないのに、現存量が大きく減少することは大きな個体重をもった特定の種の減少と考えられたので、主要な動物について、個体数、現存量の変動をみると現存量の急激な減少はミミズ類の減少と一致することがわかった。この森林で採集されたミミズはフトミミズの1種(*Pheretima* sp.)とツリミミズ科のサクラミミズ(*Allolobophora japonica*)であるが、サクラミミズは少なく、11月に出現したのもこの種であった。5月に最も多く、8月に出現したものの、11月には全く採集されなかったフトミミズは春に孵化し、秋には死亡して卵越冬する1年生のミミズであることを示しているものと考えられ、その他の動物の多くは多年生であり、いずれも明瞭な季節的変動を示していない。

表-2 モミ・ツガ林の個体数、現存量と主要動物の季節的変動 / 50cm×50cm

	5 月		8 月		11 月	
個 体 数	68.3±27.9		57.4±18.9		53.6±12.1	
現 存 量 _{mg}	3025±1847		1528±741		970±348	
	個 体 数	現 存 量 _{mg}	個 体 数	現 存 量 _{mg}	個 体 数	現 存 量 _{mg}
ミ ミ ズ	5.4±4.3	1725±1741	5.3±5.3	663±749	0.7±1.0	36±48
ヤ ス デ	6.0±3.9	410±429	8.7±11.6	312±328	9.0±3.8	527±310
イ シ ム カ デ	2.7±2.7	37.1±51.4	2.0±2.6	9.4±10.8	1.3±1.4	30.4±51.7
ジ ム カ デ	7.9±4.8	73.1±53.6	7.7±6.8	66.6±50.9	5.9±3.1	67.9±63.6
ク モ	3.3±1.9	53.6±63.1	3.1±2.9	51.1±71.9	2.5±2.0	19.0±21.0

スギ人工林

調査したスギ人工林は京都府北桑田郡美山町芦生にある約60年生の林分である。調査には0.25cm²のquadrate 4個か、1m²のquadrateを1〜4設定した。

結 果

図-5に示したように、個体数、現存量は6月にやや大きい傾向を示すものの、夏期と冬期を比較してもそれほど大きな変動はみられず、個体数、現存量が2倍以上の大きさで変化することはないことを示している。この森林での現存量を構成する主要なものはミミズ、コガネムシ、セミ類であったので、その組成を表-3に示した。これら動物の個体数、現存量が6月に大きいも

ので、冬期に小さくなるといった一定の傾向はみられない。

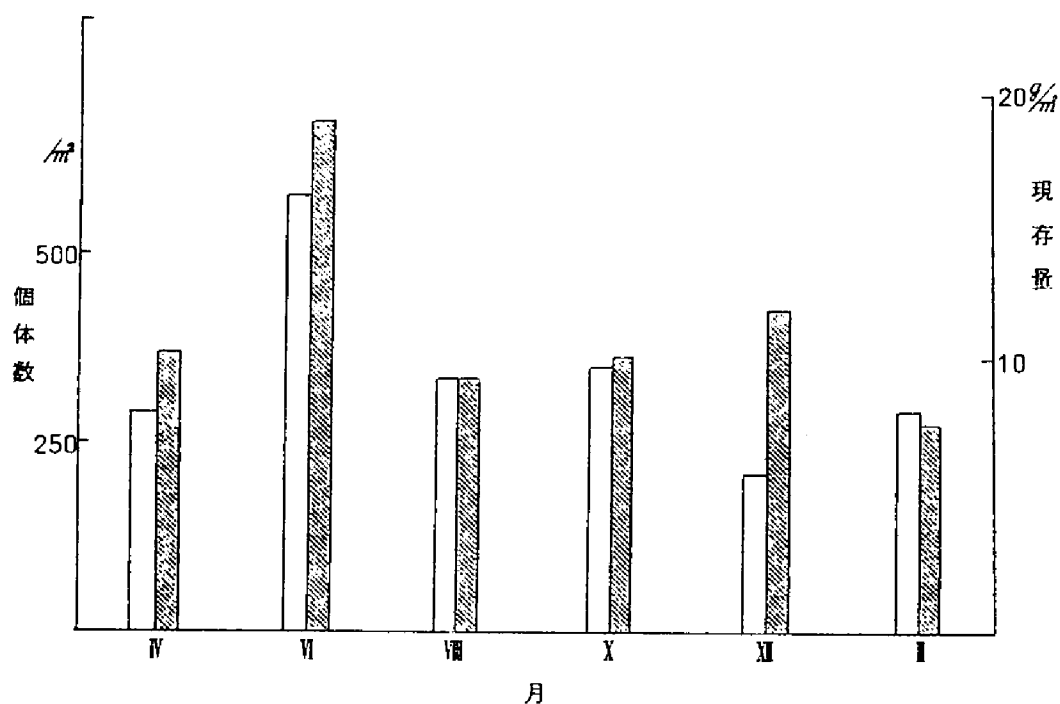


図5 スギ人工林における大型土壌動物の個体数、現存量の季節変化

表-3 スギ林における主要動物の個体数、現存量の季節変動/m²

月	Lumbricidae mg		Diplopoda mg		Scarabiidae mg		Cicade mg	
IV	12	1638	21	1356	12	993	2	127
VI	7	769	185	3559	15	2696	11	4006
VII	23	1001	8	997	5	687	5	2894
X	14	827	31	939	8	1002	3	1121
XII	8	741	59	2957	3	103	3	1530
I	12	1198	45	1268	5	266	2	14

考 察

モミ・ツガ林、スギ人工林あるいは地表植生の影響の項で述べるオオシラビソ・コメツガ林での結果は、いずれも季節的には個体数、現存量の顕著な変動を示さない。わずかにモミ・ツガ林で秋に現存量のみが小さくなったが、これはミミズの一廻の減少と一致した。土壤動物でも短かい生活史をもつトビムシ・ダニ類などでは個体数、現存量が気温、降水量などの変化に対応して変動することが、Ford, J. (1937), Dhillon, B. S. et al. (1962) などによって知られているが、大型土壤動物の多く、とくに個体重の大きなミミズ、コガネムシ、ヤスデ、セミ、ダンゴムシなどでは、いずれもその一世代は数年に及ぶので、これら大型土壤動物すべてを総合した個体数、現存量として示した場合、明瞭な変動は土壤中においてはあらわれないといえる。モミ・ツガ林の場合でも2~3倍の変動であって、温度指数との関係で示した最大値と最小値の間の中で起りうる一つの原因にすぎないといえよう。

(2) 地形、水分条件の影響

同一地域内で標高差にともなう気温の変化などの少ない場合、植生や土壤中の動物を支配する最も大きな要因は地形のちがいに基づく、土壤あるいは水分条件であると考えられる。これはまた同一斜面に植栽されたスギなどで、斜面上部と下部で著しい生長の差を示し、地位指数として表わされている。

このため比較的標高差の少ない芦生演習林内で地形を尾根部、斜面上部、斜面下部、谷平坦部に大別したところ、この上に生立する天然植生はそれぞれゴヨウマツ、スギ、ブナノキ、トチノキに対応した。これは水分環境のちがいを大まかにとらえており、尾根部は最も乾いた環境であり、谷平坦部は最も湿潤な環境である。また当然、土壤の変化、深さのちがいをも示しているので、これら4つの異なった地形、植生、土壤条件下での大型土壤動物を調べ、さらに、同一斜面に植栽されたスギ人工林の斜面上部、中部、下部での生長比較との関連を水分条件のちがいとしてとらえ、大型土壤動物の個体数、現存量の変化を調べた。

(a) 天然林における水分条件のちがいの影響

天然林における調査は1971年8月2~12日に京都大学芦生演習林内の地形のちがいを考慮して尾根部ゴヨウマツ・ネジキ林、斜面上部スギ林、斜面下部ブナ林、谷平坦部トチノキ林で行なった。調査地の植生、土壤型、A₀質量などの概要を表-4に示した。

表-4 調査林分の概要

地 形	主要樹種	土 壌 型	A ₀ 層 量 g/m ²	A ₀ 層厚さ cm	樹種、地表植生
尾 根 部	ゴヨウマツ	B ₀ - d	9 5 2 6	8~12	ゴヨウマツ - ネジキ - ホンシヤクナゲ ヒノキ ヤマツツジ
斜面上部	スギ	Pd	2 3 7 8	3~4	スギ - ネジキ アオハダ - イワウチワ
斜面下部	ブナノキ	B ₀	7 7 3	2~3	ブナノキ - イヌシデ - ヒメアオキ コハウチワカエデ - ハイイヌガヤ ヒメコマユミ
谷平担部	トチノキ	B _r	1 1 7 3	2~3	トチノキ - ハイイヌガヤ - ヤマアジサイ ヒメアオキ - リヨウメンシダ ミヤマカタバミ

結 果

表-5 に示したように大型土壌動物の個体数、現存量は尾根部のゴヨウマツ林に最も小さく、わずか134個体/m²、1.047g/m²であるが、斜面上部のスギ林、斜面下部のブナ林、谷平担部のトチノキ林の順に大きくなり、トチノキ林では497個体/m²、26.338g/m²で、斜面下部、谷平担部になるほど大きくなることを示している。これは表-6 に示したようにミミズ類が著しく増加することを示し、斜面下部のブナ林ではミミズ類が27個体/m²、7.270g/m²、谷平担部のトチノキ林では33個体/m²、19.832g/m²にも達し、現存量の75.3%を占めている。

また、ゴヨウマツの生立する尾根部では土壌がきわめて浅く、20~30cmしか堀れないのに、トチノキの生立する谷平担部では深い。

このことから、表-5 のようにゴヨウマツ林では土壌動物は表層にのみ分布し、その個体数、現存量も小さいが、斜面下部、谷平担部になるほど土壌動物はより深くまで分布し、その個体数、現存量も大きいことを示している。

表-5 地形のちがいと個体数、現存量

/50cm×50cm

深さ cm	A ₀	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	No. $\bar{x} \pm s$	Biomass mg $\bar{x} \pm s$
尾根部 ブヨウマツ	16.3 0.168	7.0 0.043	9.0 0.045	1.3 0.006	-	-	335±11.4	0.262±0.078
斜面上部 スギ	16.0 0.422	16.0 0.527	5.0 0.096	2.8 0.120	2.0 0.040	0.8 0.014	425±15.5	1.218±1.077
斜面下部 ブナ	27.0 0.431	30.3 1.158	12.3 0.532	6.8 0.941	4.8 0.080	2.8 0.080	838±13.1	3.219±1.373
谷平坦部 トチノキ	61.3 1.505	36.3 1.379	14.0 2.303	6.0 0.531	5.0 0.846	1.8 0.018	124.3±16.2	6.581±1.741

50cm×50cm 4プロットの平均値

表-6 地形のちがいによる主要動物のちがい/m²

動物	ゴヨウマツ 尾根 部	スギ 斜面上部	ブナ 斜面下部	トチノキ 谷平坦部
ミミズ Lumbricidae		7 2517	27 7270	33 19832
ヤスデ Diplopoda	4 236	5 493	37 633	30 384
イシムカデ Lithobiidae	14 138	24 221	29 306	41 424
ジムカデ Geophilidae	10 65	15 264	31 299	34 570
ダンゴムシ A.vulgare	6 57	4 35	5 66	26 399
ヒメフナムシ L.japonicum		10 186	26 422	93 1326
ヒメハマトビムシ Amphipoda				35 470
クモ Araneina	13 62	28 190	56 643	50 966
コガネムシ Scarabidae		1 399	17 375	10 136
セミ Cicade	1 83		4 404	
Total	134 ^{mg} 1047	170 ^{neg} 4872	335 ^{mg} 12879	497 ^{mg} 26338

(b) スギ人工林における水分条件の影響

調査は1971年6月21～24日に、京都府北桑田郡美山町芦生の民有地の約60年生のスギ林で行なった。調査場所は図-6に示したように河原に近い斜面下部(A)とこれに約10mの標高差を持つ斜面中部(B)および斜面下部と65mの標高差を持つ斜面上部(C)である。この調査地の立木本数、平均樹高、平均胸高直径、A、層量、地表植生量などを表-7に示し、また、調査地の土壌調査の結果を表-8に示した。

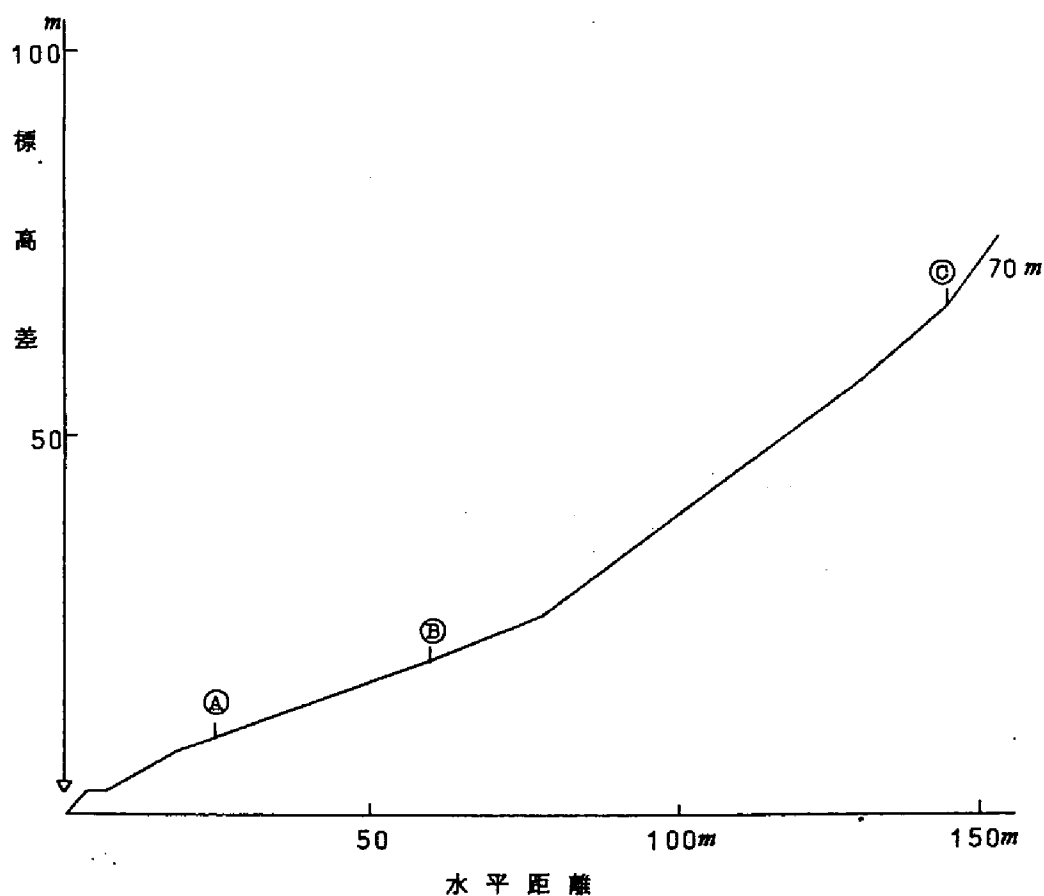


図6 調査地横断面図

表 - 7 調査地概要

	立 木 本 数 /ha	平均胸高直径 cm	地 表 植 生 量 g/m ²	A。層 量 g/m ²	平 均 樹 高 m
斜面下部(A)	700	37.3	128	1962	25.0
斜面中部(B)	700	30.7	44	1126	23.0
斜面上部(C)	1175	22.3	88	1640	19.5

表 - 8 土 壌 調 査 の 結 果

調 査 地	深 さ cm	P ¹	W ma ²	W t-2	V ¹	PH1:25	C %
A 斜面下部	0-10	58.1	56.4	338	735	4.9	7.36
	10-20	53.0	54.4	368	93.9	4.9	6.77
	20-30	51.2	53.4	36.7	94.1	5.0	4.75
	30-40	46.5	52.9	39.6	101.3	5.0	3.20
	40-50	47.8	48.9	34.9	102.4	5.0	1.85
B 斜面中部	0-10	58.3	52.0	32.1	73.7	4.9	10.58
	10-20	57.1	56.1	41.3	84.9	4.9	4.50
	20-30	53.4	52.4	39.3	90.9	4.8	2.01
	30-40	45.3	51.8	37.3	103.6	4.9	1.50
	40-50	44.7	50.2	39.5	107.1	4.9	0.77
C 斜面上部	0-10	51.4	57.2	38.6	84.7	4.8	7.35
	10-20	48.5	49.4	34.0	103.3	4.9	4.97
	20-30	43.7	47.9	34.4	109.2	4.9	3.28
	30-40	45.6	52.8	36.1	102.7	4.9	1.52
	40-50	38.7	48.5	36.3	120.0	4.9	0.82

結 果

表 9 に示したようにスギ人工林においても天然林と同様に斜面上部よりも斜面下部ほど大型土壤動物の個体数、現存量の大きいことを示し、とくに、ヤスデ、コガネムシ、セミ類など大きな個体重を持った動物が多くなることを示している。

また、表 8 に示したように土壤調査の結果は孔隙量、最大容水量、炭素含有率などは斜面下部ほど土壤中深くまで大きいことを示している。

考 察

同一温度条件下での動物の個体数、現存量に及ぼす影響の一つとして、地形のちがいを重視し、これを水分条件のちがいとしてとらえ、天然林およびスギ人工林で尾根部、斜面上部、斜面下部、谷平坦部として比較してみると谷平坦部、斜面下部に大型土壤動物の個体数、現存量の大きいことを示した。この地形のちがいは生立する植生がゴウマツ、スギ、ブナ、トチノキに変化し、土壌型は B_0-d 、 P_d 、 B_0 、 B_r と変化するのて、土壤動物が、この植生、土壌型の順に大きくなることも示している。

また、スギ人工林では同一斜面であるが斜面下部ほどスギの生長のよいことを示している。これは水分条件の良好さによるものとされているが、水分条件とともに土壌条件の良好なことも一つの理由であり、このことと土壤動物の多いこととは大きな関連があるものと考えられよう。

とくに、ミミズ類やヤスデ類など大型のものの増加することは動物の土壌改良への働きを示すものともみられる。このようにほぼ同一の温度条件下でも地形に基づく、水分、土壌条件のちがいによって植生は変化し、それに対応して動物の種類組成、個体数、現存量の異なることを示したが、これら地形に基づく変動も、温度条件の影響で示された較差の範囲内での変動要因の一つであるといえよう。

(3) 地表植生の影響

調査地は長野県下高井郡山の内町志賀高原のオオシラビソ・コメツガを主とする亜寒帯針葉樹林（標高 1760 m）で、比較的平坦な地域にあり、土壌型は $P_r(h)$ 、 $P_r(i)$ 型など湿性ポドソル土壌がほとんどを占めている。

この森林には地表をチシマザサの覆っているところと、ササを欠きコケ類のみのところとが混在しているので、同一温度条件、同一地形、土壌条件下での地表植生の有無の土壤動物への影響を調べてみた。

調査は 1969 年 6、8、10 月の年 3 回、50 cm × 50 cm の quadrat 10 カ所を設定して行なった。

表-9 スギ人工林における
斜面ごとの個体数、現存量/m²

	斜面下部		斜面中部		斜面上部	
Mollusca	3	20	17	178	9	163
Lumbricidae	7	769	26	2178	21	1016
Hirudinea	1	68				
Diplopoda	185	3559	143	1371	64	314
Lithobiidae	2	22	15	57	9	180
Geophilidae	37	208	28	180	28	142
A. vulgare	31	170	49	385	35	302
Porcellio scaber						
L. japonicum	17	102	35	134	23	139
Amphipoda	48	318	32	140	26	224
Cheriferidea	4	8	4	11	2	6
Arareina	56	357	59	260	50	215
Opiliones	1	9			1	13
Symphyla	4	8	8	5	3	3
Thysanura	1	3			1	26
Orthoptera	1	11	1	8		
Dermaptera						
Isoptera	29	66	162	213	26	49
Pselaphidae			4	5		
Staphylinidae	9	40	6	28	1	14
Culculionidae	2	25	1	4	2	21
Chrysomelidae	20	165	4	27	6	6
Scarabidae	15	2696	12	1089	19	1014
Carabidea						
Elateridae	3	103	1	14	2	60
other Coleoptera	12	105	14	46	6	44
Cicade	11	4006	1	17	2	42
Hemiptera	1	7			2	10
Lepidoptera	3	160	3	18	3	78
Formicidae	34	103	27	105	19	33
Hymenoptera						
Diptera	35	263	17	1331	8	42
others	5	53	4	70	9	80
総 個 体 数	577		673		377	
現 存 量		13424		7874		4236

結 果

オオシラビン・コメツガを主とする森林で同一地形上にあっても、ササが覆うところとササを欠きコケ類のみのところでは、大型土壤動物の個体数、現存量が大きく異なり、表-10に示したように、ササのあるところにいずれも大きい。地表植生の存在も土壤動物の個体数、現存量に影響する一つの因子であることを示している。

考 察

オオシラビン・コメツガ林内でササ類の存在することは動物の食物源としてのササの落葉の供給と、ササの存在することによる土壤中の孔隙の増大など土壤の性質の変化およびササの存在することにより雪の消失が早いなど微気象の変化が、大型土壤動物の生息にササのないところよりも適し、大きな個体数、現存量を示したのであろう。

表-10 地表植生のちがいでによる大型動物のちがい

/50 cm × 50 cm

地表植生 \ 月		Ⅱ	Ⅳ	Ⅹ
コ ケ	個 体 数	32.8±11.9	24.1±10.1	9.6±5.3
	現 存 量	1435±865	131.7±67.9	62.8±50.2
サ サ	個 体 数	39.5±12.5	40.4±11.9 ^{**}	23.2±7.9 ^{**}
	現 存 量	320.7±204.7 [*]	505.1±383.5 ^{**}	429.8±285.9 ^{**}

* 5% 有意

** 1% 有意

(4) 土 壌 の 性 質 の 影 響

大型土壤動物の生息する深さは土壤の深さに制限され、土壤が深い場合には主として食物源としての腐植や根系のある範囲、孔隙や酸素のある範囲に制限されるであろう。また、気温、土壤温度の低下や土壤表面の乾燥などによっても動物の分布は制限される。これら動物の土壤中における垂直分布と土壤の理化学的性質との関連について調べてみた。

調査は1967年8月9～11日 京都大学芦生演習林内の土壤型の異なるスギ人工林、スギ・ブナ・ミズナラ混交林およびススキ草原で行なった。

表-11 調査地の概要

林 相	標高 m	立木本数 /ha	Ao/腐 量 g/m ²	地表植生量 g/m ²	土 壌 型	地 表 植 生
スギ人工林	380	633	1312	259	Bd	ハナйкаダ、ヒメア オキ、ミヤマカタバミ
スギ・ブナ・ミズナラ 天 然 林	780		3194	617	Pr	イヌツゲ アキシバ
ススキ草原	640	ススキ 39/m ²	1665	363	Bl	ワラビ クロバナヒキオコシ

結 果

A。層および深さ10cmごとの大型土壌動物の個体数、現存量の減少のしかたをみると、図-7のように、いずれも個体数は表層0~10cmに最も多く深さとともに急激に減少し、40cm以下からは出現していない。また、現存量も混交林、ススキ草原では個体数と同じく深さとともに減少するが、スギ林では深さ40cmまで、ほぼ一定で減少しなかった。これは大型のセミ類の幼虫が土壌中深くまで生息していたためである。いずれにしろ、この8月の調査では異なった土壌型の上に生立する異なった植生下でも、深さ40cm以下からは全く出現しないこと、個体数は表層より深さにともなって急激に減少するが、現存量はややゆるやかに減少することを示している。

この大型土壌動物が土壌の表層に集中して生息し、土壌中深くなるに従って急激に減少することと、土壌の理化学的性質の変化とは密接な関係があるはずである。表-12に深さ10cmごとに掘りとった土壌動物の個体数、現存量と10cmごとの土壌の容積重、孔隙量、炭素含有率など土壌の性質を示した。大型土壌動物は孔隙量、炭素含有率の大きい表層に多く、土壌が深くなり、孔隙の減少することは一致している。

これは動物が孔隙や有機物の多いところに分布することと動物の多いことが、これら孔隙を増大させ、土壌と有機物を混合して、有機物量を土壌中深くまで増加させたとも考えられ、土壌の性質も動物の生息範囲、個体数、現存量に影響を与える一つの因子であることを示している。しかし、孔隙については孔隙量そのものと孔隙の大きさを考慮しなければならないであろう。また、冬期には動物は地中深くへ移動するものがあるので、孔隙量や炭素含有率など土壌の諸性質との関連は不明確になってくるものと考えられる。

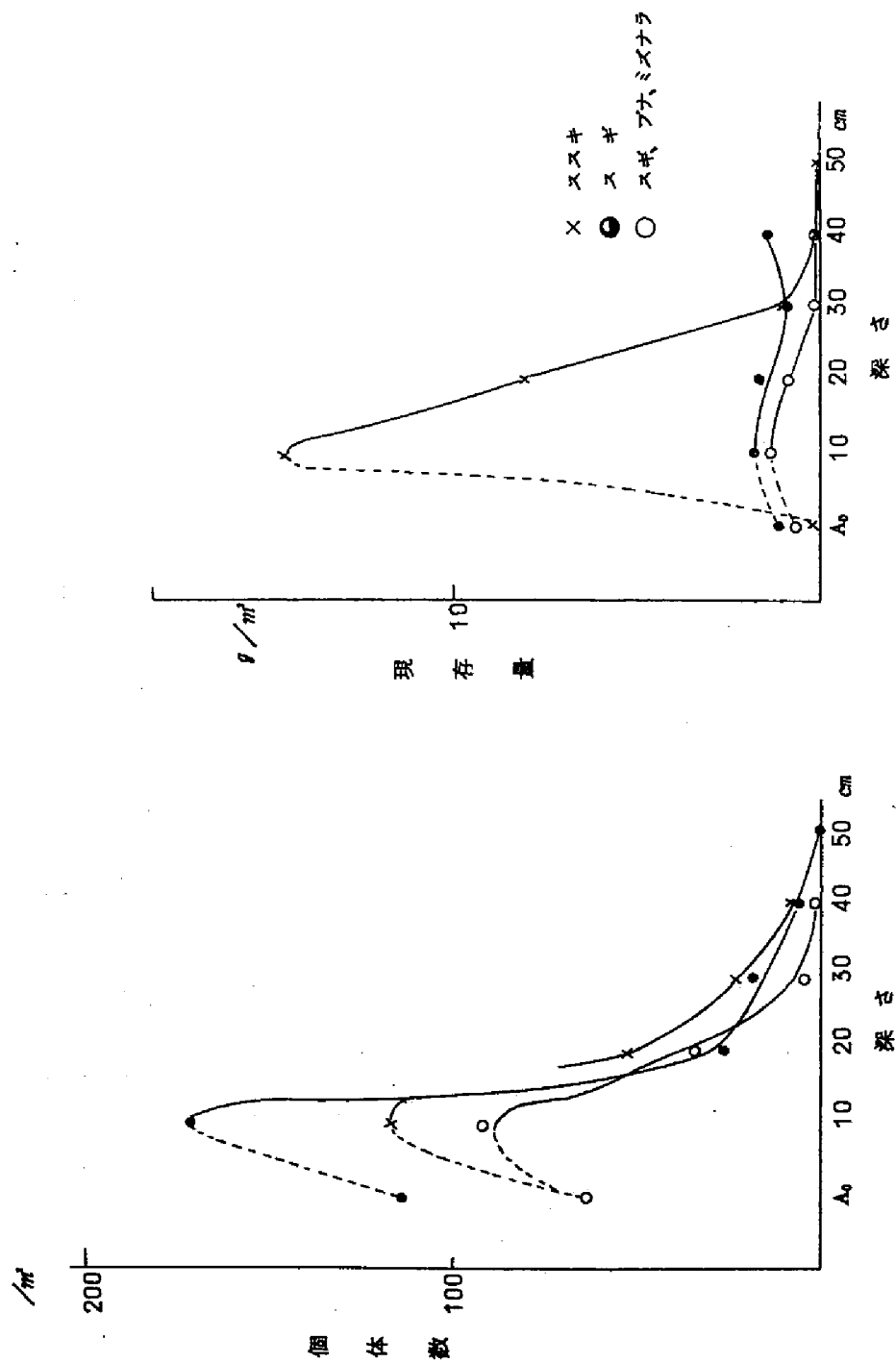


図7 深さにともなり個体数、現存量の減少

表-12 深さごとの個体数、現存量と土壌の理化学的性質

	深さ	P^H H_2O KCl	孔隙量 P^1 (%)	容積量 g	炭素含有率 C %	A_0 根の量 g/m^2	個体数 $/m^2$	現存量 mg/m^2
スギ林 B ₀ 型土壌	A_0					1312	113	1043
	0-10	5.4 3.9	72.7	733	5.0	376	172	1643
	10-20	5.4 3.9	69.7	81.6	3.7	45	26	1595
	20-30	5.5 3.9	69.3	88.5	2.4	137	18	995
	30-40	5.8 4.0	66.8	92.6	1.3	75	5	1356
	40-50	5.7 4.1	63.2	94.2	1.1	30	0	0
スギナ混交林 ミズナラ P ₁ 型土壌	A_0					3194	63	676
	0-10	4.2 3.1	73.6	633	10.2	1198	92	1311
	10-20	3.9 3.3	62.9	89.8	6.4	35	35	787
	20-30	3.8 3.3	58.9	115.4	1.2	18	4	75
	30-40	4.6 3.5	59.2	117.0	0.8	2	1	4
ススキ草原 B ₁ 型土壌	A_0					1665	62	363
	0-10	5.3 3.8	75.9	72.4	5.3	1612	118	14473
	10-20	5.7 3.7	72.7	74.4	5.5	453	52	8009
	20-30	5.7 3.8	72.8	72.9	3.4	44	23	1020
	30-40	6.0 3.9	68.8	84.7	3.0	7	6	45
	40-50	5.9 4.1	69.0	85.5	2.5	3	0	0

総 括

いろいろな森林帯の天然林を対象に行なった大型土壌動物の個体数、現存量の結果をマクロなスケールでみると、温度が最も大きな影響を与え、温度指数の大きいところほど大きな個体数、現存量を示した。しかし、ほぼ同一の温度条件下でも最大値と最小値にはかなりの較差がみられた。この較差はいろいろな条件のちがいで生じたものであるが、これをミクロな要因と考え、まず、季節的な個体数、現存量の変化を調べたが、季節的な変動は顕著でなかった。このため同一条件下でも、地形のちがいをとくに水分条件、土壌条件のちがいとしてとらえてみたところ、斜面下部ほど大きな値を示し、地形のちがいは大きな要因であると認められた。

また、局地的には地表植生の有無や土壌の性質のちがいも、大型土壌動物の個体数、現存量に影響を及ぼす因子であることがわかった。しかし、これらミクロな要因による変動はマクロな要因、すなわち、温度条件の影響を超えるほど大きくは影響しないといえそうである。

5. ミミズ類の重要性と落葉分解への関与

(1) ミミズ類の重要性と食性

森林土壌動物の森林生態系における物質循環、土壌の改良にはたす役割（機能）は落葉・落枝を摂食粉碎すること、土壌と有機物を混合、耕耘することに大別され、これは土壌の理化学的性質に大きな変化を与え、森林の生産力の増大につながっているものと考えられる。このうち大型土壌動物の現存量は大きい、これは主として大型のもの、ミミズ、ヤスデ、コガネムシ、セミ類などによって構成されているが、とくに、ミミズ類の存在は現存量に大きな影響を与えているので、大型土壌動物の個体数、現存量に占めるミミズ類の割合を求めてみた。図一8に示したように個体数に占めるミミズ類の割合は10%以下のことが多く、最もミミズの割合の多いダケカンバ林でも50%であった。しかし、図一9に示したように、大型土壌動物の現存量に占めるミミズ類の現存量の割合は、現存量の大きくなるほど大きくなり、50g/m²以上の現存量を示す場合、ミミズ類の現存量はその70~95%をも占めており、現存量の大きさにかかっているといえる。また、現存量の小さな針葉樹林などではミミズ類が出現しないか、ミミズ類の占める割合のきわめて小さいことを示している。

このミミズ類は土壌動物の役割をも代表してはたしており、地表に堆積する落葉や土壌中の枯死した根などを摂食、粉碎するとともに、土壌を摂食し耕耘するという2つの役割、働きをやっている。この結果としての物質循環、土壌改良の効果はとくに大きいものと考えられる。

しかし、ミミズ類は種類も多く、生息場所が異なるので、同定できた数種のミミズ類について、その排出物の炭素含有率および推定有機物量から、ミミズ類の食性について調べてみた。

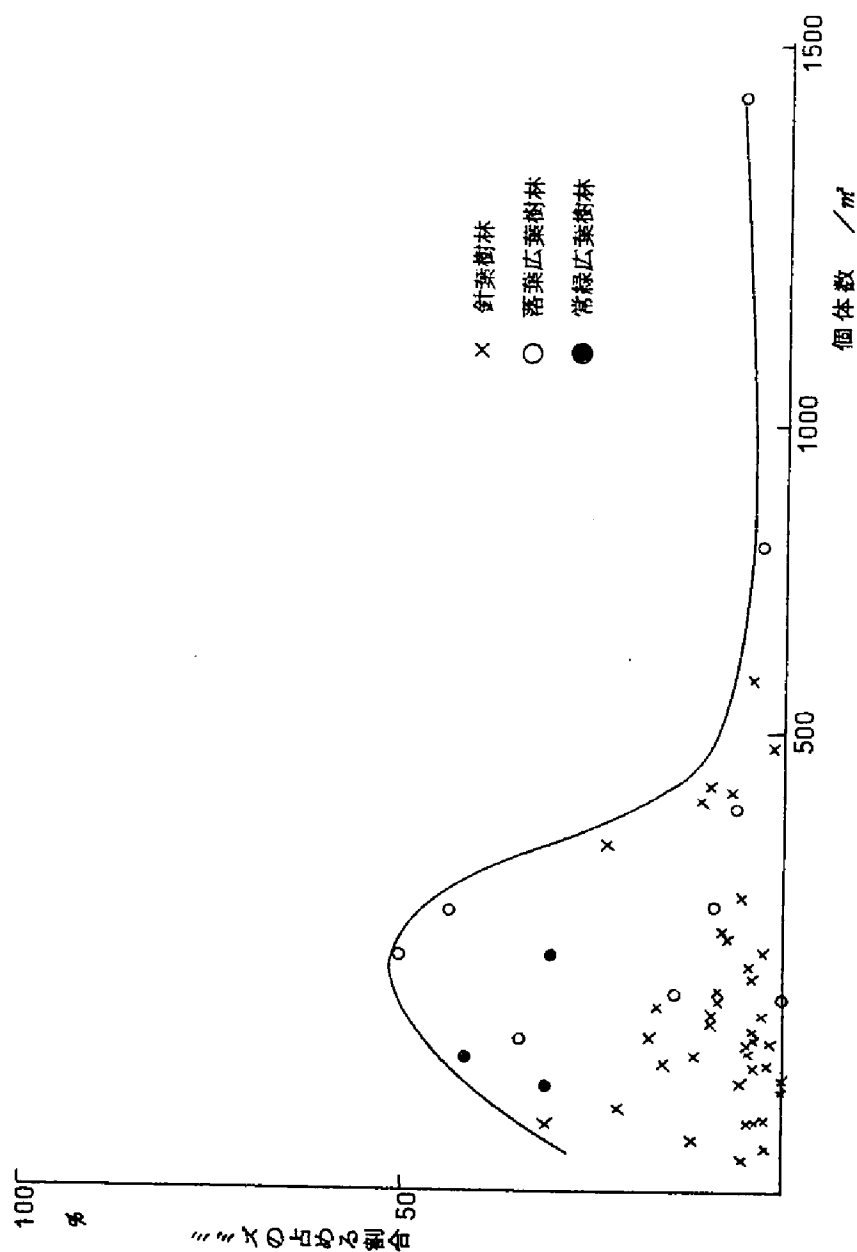


図8 総個体数に占めるミミズの割合

表-13 に示したように、森林の表層で採集されたシーボルトミミズ *P. sieboldi*、フトスジミミズ *P. vittata*、サクラミミズ *A. japonica* などの排出物はいずれも 7.4～19.1% の高い炭素含有率を示しているのに、森林の土壌中で採集されたサクラミミズ *A. japonica* や草地、苗畑などの土壌中で採集されたクソミミズ *P. hupeiensis*、

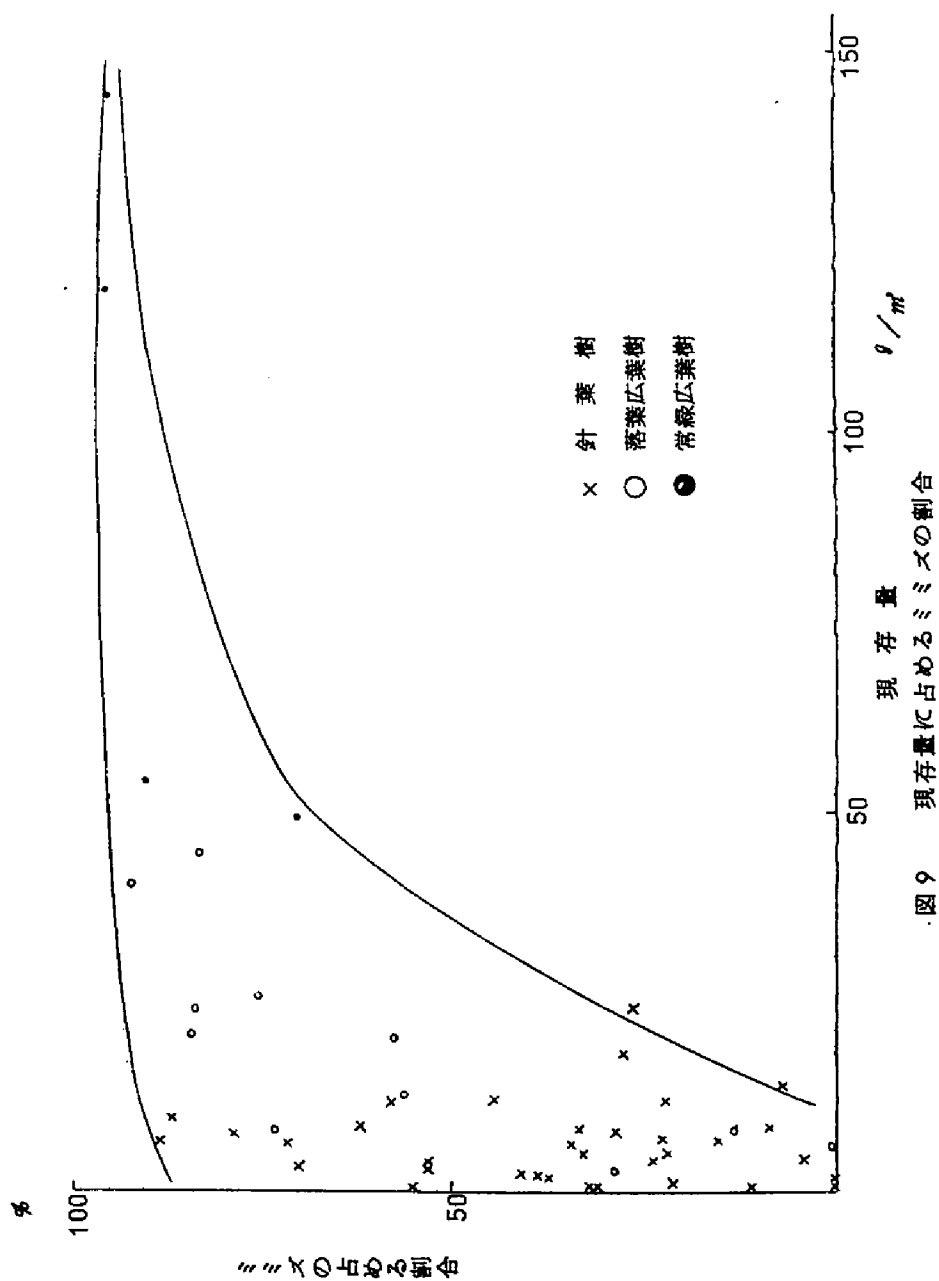


図9 現存量に占めるミズの割合

フツウミズ *P. communissima*、オオフトミズ *P. grossa*、ヒナミズ、*P. micronaria*などは1.3~5.1%といずれも低い値を示した。これはシーボルトミズなどは森林の落葉層や土壌表層に生息し、落葉や有機物の多い土壌を主として摂食するものであることを示し、クソミズやサクラミズなどは落葉層を欠く苗畑などの土壌中や森林の土壌中

深くに主として生息し、その摂食物は有機物の少ない土壌であることを示している。これらのことからミミズ類を落葉摂食性のものと土壌摂食性のものに大別してとり扱うことが可能であろうと考えた。

12) 大型土壌動物とA。層量およびその平均分解率との関連

地表に堆積する落葉・落枝量(A。層量)は土壌動物に対して生活空間を与えるとともに、それ自体主要な食物源になっている。このA。層の構成物は主として高木の落葉・落枝であるが、球果、花卉、地表植物の枯死したもの、地表、樹上の動物の遺体、排出物なども含まれている。このA。層量はトドマツ林5.3 ton/ha、ブナ林7.5 ton、シイ林5.7 ton/ha くらいで、温度指数の低いところほど堆積量が多く、その平均分解率は温度指数の低いところほど小さくなり、落葉の分解には長年月かかるといわれている(四手井ほか 1962)

土壌動物はこの落葉を摂食・粉碎し、初期段階の落葉の分解に大きな役割をはたしているから、大型土壌動物の個体数、現存量とA。層量およびその平均分解率とは大きな関連があるはずである。各調査林分のA。層およびその平均分解率と大型土壌動物の現存量との関連を調べてみた。A。層量は各林分での実測値であるが、落葉量は同一林分での調査が行なわれていないところがあるので、これらについては既知のデータを利用した。

また、A。層量との関連を考える場合、A。層量とA。層中の動物との関連がより大きいと考えられるが、ミミズ、ヤスデ、ダンゴムシなど多くのものが、A。層と土壌中に共通して生息しているのですべての動物の現存量との関連を求めた。

結果および考察

調査林分のA。層量は表-14に示した。この量はまた図-10に示したように、温度指数に反比例し、亜寒帯針葉樹林、温帯落葉広葉樹林、暖帯常緑広葉樹林の順にA。層量は少なくなり、この値は四手井・堤(1962)とはほぼ一致する。

このA。層量と大型土壌動物の現存量との関係を図-11に示した。大型土壌動物の現存量はA。層量に反比例し、堆積量の多いところに現存量の小さいことを示している。A。層量の多いことは土壌動物にとって生息空間を広くし、食物源の豊富さを示すものであるが、寒冷な環境条件は動物の生息に適さず、また、微生物の活動の小さいことを示しているのであろう。また、逆に、堆積量の少ないところに現存量の大きいことは動物の多いこと、その摂食量の大きいことが、落葉の堆積の少ない一つの理由とも考えられ、このことは動物の落葉摂食へのactivityの大きさを示しているものとも考えられる。

また、堆積量とともに、落葉量(供給量)と堆積量の比、分解率との関連がより大きな意味を持ってこよう。このためA。層の平均分解率と大型土壌動物の現存量との関連をも調べてみた。

表-13 各種のミミズ類の糞の炭素含有率

	採集地	植生	生息場所	採集月日	C %	有機物量*
<i>P. hupeiensis</i>	クソミミズ	芦生	土壌中	3. IX 68	2.23	3.84
<i>P. sieboldi</i>	シールボルトミミズ	志賀高原	A。層	26. VII 68	19.06	32.9
	白浜	スラッシュマツ林	、	5. X 70	14.51	25.02
	、	常緑広葉樹林	土壌表層	20. X 70	17.67	30.46
	水程	、	、	1. XII 70	15.27	26.33
<i>P. vittata</i>	フトスジミミズ	函館	A。層	8. XI 68	7.36	12.69
<i>P. hilgendorfi</i>	ヒトツモンミミズ	芦生	土壌中	3. IX 68	2.94	5.07
<i>A. japonica</i>	サクラミミズ	志賀高原	A。層中	26. VII 68	13.93	24.02
		白浜	土壌中	5. X 68	1.34	2.31
<i>P. communissima</i>	フツウミミズ	芦生	土壌中	14. X 70	32.7~33.0	56.3~56.9
<i>P. grossa</i>	オオフトミミズ	芦生	土壌中	14. X 70	4.25	7.33
<i>P. micronaria</i>	ヒナミミズ	芦生	土壌中	14. X 70	2.91	5.02
<i>P. sp</i>	フトミミズの1種	和歌山清水	A。層	VIII 69	31.8	54.8
<i>P. acincta</i>	メガネミミズ	白浜	土壌中	X 70	4.05	6.96

* 有機物の平均炭素含有率から、1.724倍して求めたもの

表-14 各種森林におけるA。層量とその平均分解率

樹 種	場 所	温 量 指 数	落葉量 <i>ton/ha</i>	A。 <i>ton/ha</i>	分 解 率 %
ハ イ マ ツ	大 雪 山	18.7		75.1	
ダ ケ カ ン バ	・	23.7	(2.4)	18.0	13.3
・	志 賀 高 原	41.2	・	52.5	4.6
ア カ エ ゾ マ ツ	大 雪 山	37.0	(4.1)	26.0	15.8
ア カ エ ゾ ・ ト ド マ ツ	・	37.0	(4.1)	23.5	17.4
オ オ シ ラ ビ ン ・ コ メ ツ ガ	志 賀 高 原	41.2	(4.0)	40.8~114.4	35~9.8
カ ラ マ ツ	飯 田	70.7	(3.8)	8.7	43.7
ス ト ロ ー プ マ ツ	・	・		12.4	
ド イ ツ ト ウ ヒ	芦 生	90.9	(4.1)	30.8	13.3
ブ ナ ノ キ	・	・	3.2	11.7	27.4
ミ ズ ナ ラ	・	・	3.0	10.5	28.6
ブ ナ ・ ミ ズ ナ ラ ・ ス ギ	・	・	3.5	6.9~31.9	11.0~50.7
ス ギ	・	109.9	3.5	11.8~12.7	27.5~29.6
ミ ズ ナ ラ ・ イ ヌ シ デ	・	・	3.0	4.4	68.2
ア カ マ ツ	福 山	115.9	(3.3)	9.4~14.9	22.1~35.1
モ ミ ・ ツ ガ	上 湯 川	118.2	2.5	22.1~26.9	9.3~11.3
シ イ ・ ツ バ キ	白 浜	132.4	(4.6)	3.6~7.3	63.0~127.8

() は調査林分での測定値がなく、四手井、堤(1962)ほかによった。

A₀ 層の平均分解率は次式によって求めた。

$$\text{平均分解率} = \frac{\text{年落葉量}}{A_0 \text{ 層量}}$$

表-14 および図-12 に示したように、平均分解率は温度指数に比例して大きくなり、この分解率の大きいところほど大型土壌動物の現存量の大きいことを示している。

これはミミズ、ヤスデ、ダンゴムシ、ヒメフナムシ、ワラジムシ、双翅類など現存量を構成する主要な動物たちが、落葉を摂食し、粉碎に果たしている大きな役割を示しているものといえよう。とくに、現存量の大きな割合をミミズ類が占めていることが強調される。

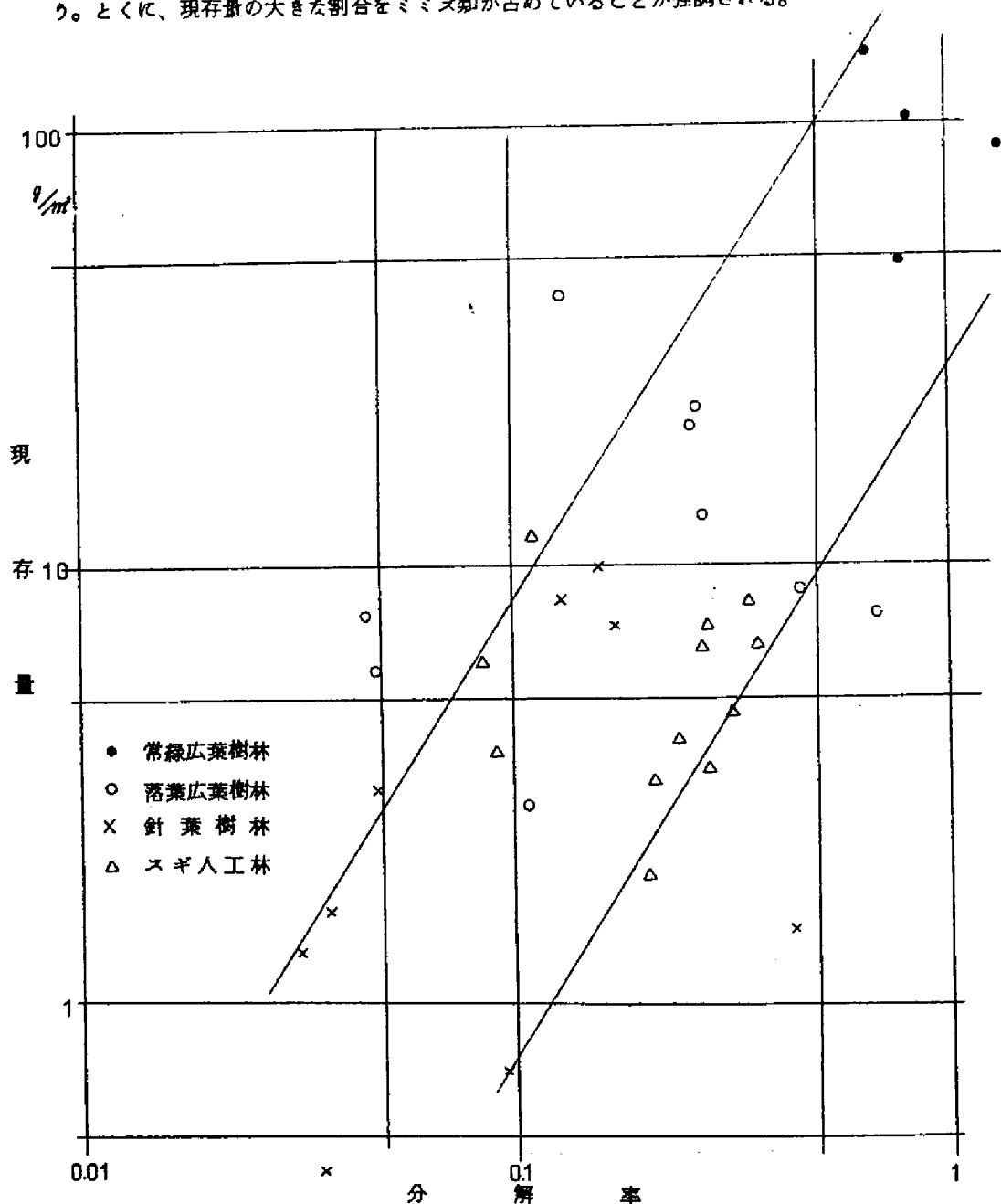


図12 A₀層量の平均分解率と現存量の関係

第 3 章 土 壌 中 に お け る ミ ミ ズ 類 の activity

最も重要な大型土壌動物はミミズ類であると考えられるが、その落葉摂食量、土壌耕耘量、孔隙造成量などについては、まだ十分に明らかにされておらず、草地、牧場における Darwin, C. (1881), Evans, A. C. (1947, 48), Barley, K. P. (1959) などの研究によってミミズ類の役割が強調されているだけである。わが国においても北海道開発局 (1965, 66) が、ミミズ類による牧草地改良のための研究を始めているが、分類、同定すら不可能な段階であるといわれている。

土壌摂食性のミミズ類は森林においてもサクラミミズなどいくつかあるが、それらは排出物を地中の孔道に主として残し、地表への排出が少ないので回収が困難であるが、同じ土壌摂食性のクソミミズは糞を主として地表に排出するので、土壌摂食性のミミズの代表としてクソミミズを利用し、土壌摂食排出量、耕耘量を、また、落葉摂食性のミミズとして大型のシーボルトミミズを利用し、落葉摂食粉砕量など明らかにしようと試みたものである。

1. 土 壌 摂 食 性 ミ ミ ズ の activity

京都大学芦生演習林の草地でクソミミズ (*Pheretima hupeiensis* Michaelsen) が盛んに糞を地表に排出しているのを発見し、野外におけるミミズ類の土壌摂食量、排出量、土壌耕耘量、孔隙造成量を調べ、また、クソミミズの季節ごとの体重分布、垂直的分布の変化など、クソミミズの生態について新しい知見をつけ加えることができた。なお、ここに述べる摂食量とは後に述べるように、糞の化学的分析を行なっても有機物量に大きな変化がなく鉱物質土壌はそのまま排出されているので、摂食量と排出量 (不消化排出量) は重量的には、ほぼ等しいものと考えられるが、土壌糞として回収されたので排出量として述べることにする。

クソミミズ *Pheretima hupeiensis* (Michaelsen) はフトミミズ科 *Megascolecidae* に属し、南支、朝鮮、本州、北海道に分布し、エスケープしたものが東部アメリカにも分布 (Grant, W. C. 1955) するようである。体長 150 mm、体巾 5 mm くらいになる黒青色のミミズで、手で触れると湾曲し運動しなくなる越冬性のミミズである。生息地は普通、草地、裸地などで、森林内深くには少ないもののようである。このミミズは活動期には地表面に接して生活し、摂食した土壌を球形の糞 (Cast) として地表に排出するので、これを回収することによって野外でのミミズ類の土壌摂食量、耕耘量を知ることができるので有効であった。

調 査 地

本研究は京都府北桑田郡美山町芦生 京都大学芦生演習林内の河原に接した草地で禾本科植物を主とし、これにオオバコ、スイバ、クローバーなどの雑草が生えているところで、運動グラウンドとして使われていたところである。

調査は1967年5月中旬 本種の土壌糞が地表に排出されているのを発見して以来つづき、1967年には4月から11月までの連続調査を行なった。

調査を行なった草地の表層土0～5 cmの埋化学的性質のうち、容積重、最大容水量、最小容気量、および細土、礫、根の重量割合を下記に示した。

表 層 土 の 理 学 的 性 質

容 積 重	孔 隙 量 %	最 大 容 水 量 %	最 小 容 気 量 %
124.9/100 g	50.7	49.8	0.9
粒 径 組 成			
	細 土 (2 mm 以下)	礫 (2 mm 以上)	根
絶 乾 重 量	490.5	8.9	0.2
重 量 割 合	98.18	1.78	0.01 (%)

1) 生 態 的 特 性

個 体 重 組 成

季節ごとのクソミミズの個体重組成を図-13に示した。個体重の最大のものは1766mg (生重)であったが、4月地表への排出が始まった頃には個体重の巾は大きく100～800mgのものが、ほぼ同じ割合で入っている。6月始めにはミミズの大部分は100mg以下、とくに22～28mgの小さなものが大きな割合を占めている。この頃、卵胞(Cocoon)から孵化した幼体が出現したものと考えられ、この幼体は7月には50～200mgに生長している。10月、11月にはふたたび個体重の巾が大きくなっている。クソミミズは4月下旬～5月上旬に孵化し、冬期にはいろいろな大きさの個体のものが混在して越冬することを示しているが、10月、11月にも100mg以下の小さなものが少しずつ出現していることは、わずかながらこの時期にも孵化する個体があることを示しているものと考えられる。

垂 直 分 布

活動の最も盛んな排出量の最も多かった6月と地表への排出のなくなった11月上旬、積雪下の1月下旬に土壌を深さ10cmごとに掘りクソミミズの垂直分布を調べた。図-14に示したように、活動期の6月ではクソミミズはすべて表層0～10cmに生息し、それも糞のすぐ下にお

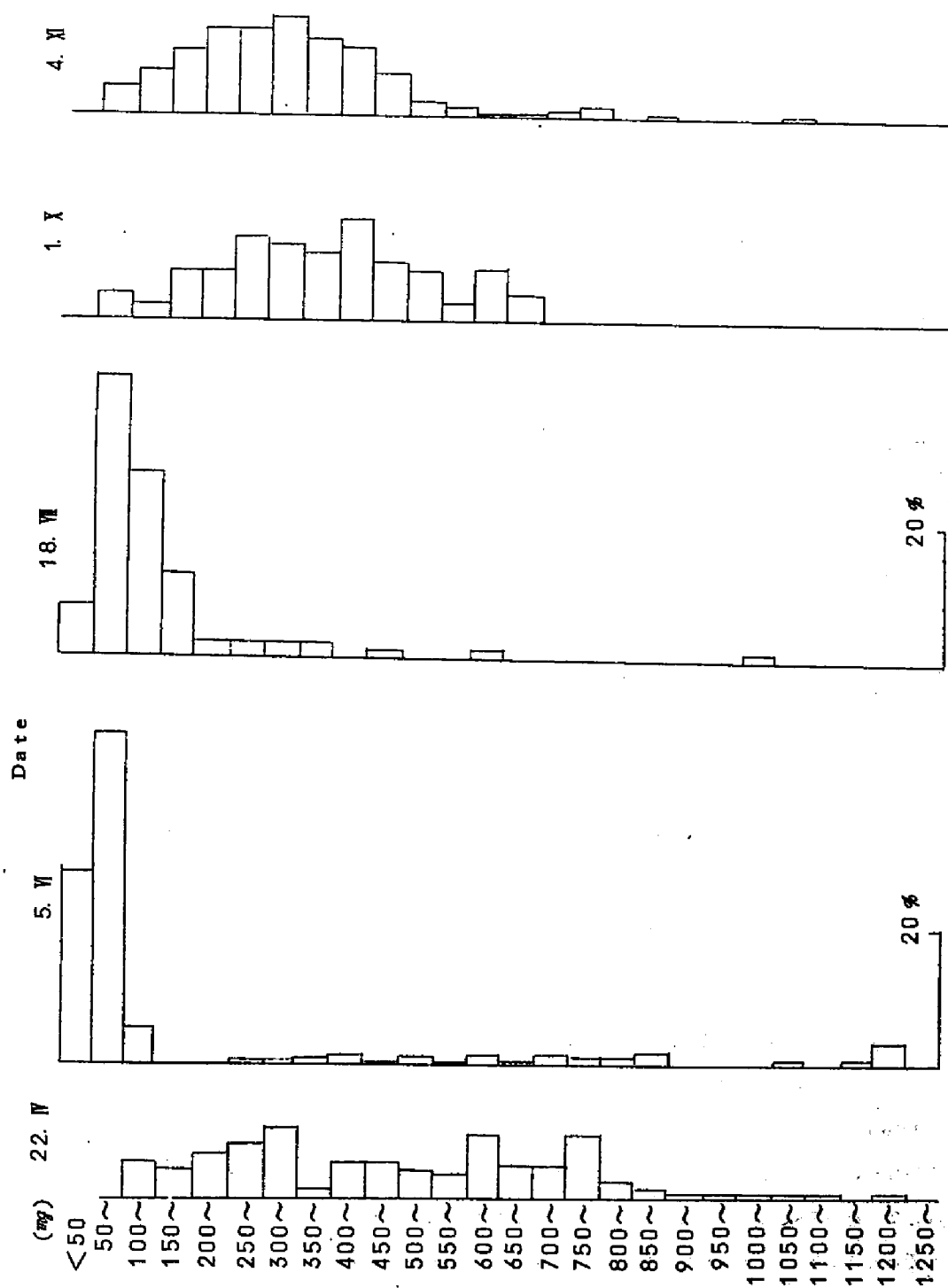


図13 クソミミズの体重分布の季節的变化

り、糞塊をとり除くとミミズを認めることができる。11月には10~30 cmの深さまで移動し、地表への排出がなくなった。1月には50~60 cmに多くが集中していたが、10~70 cmまで幅広く分布することを示している。

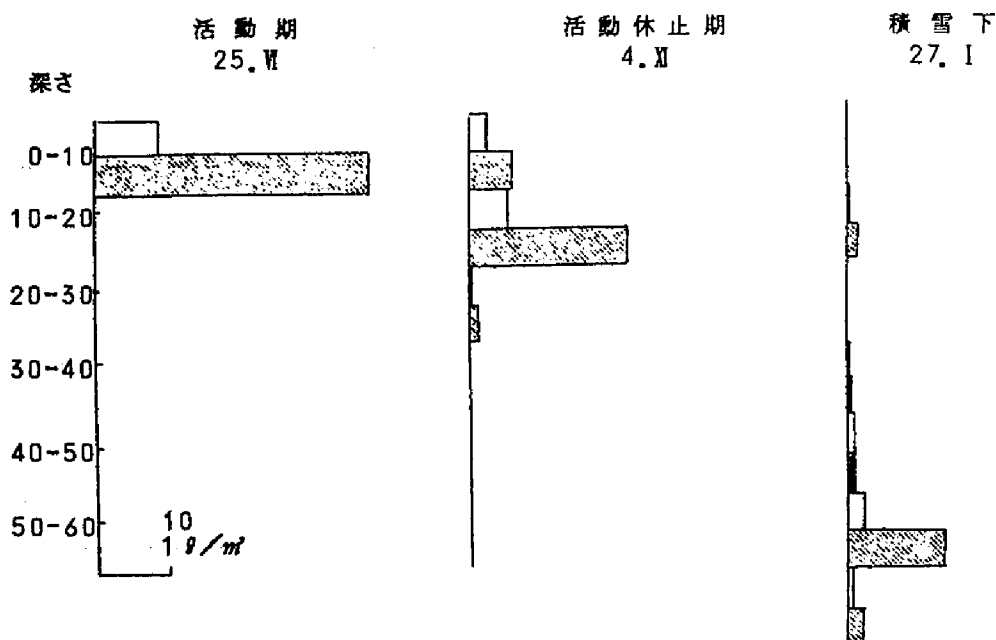


図14 個体重、現存量の垂直分布の季節変化

2) 室内飼育による activity

飼育による個体重—排出量(排出量)関係

1967年以来、いろいろな大きさのクソミミズをシャーレに入れ、生息地の土壌をつめて室内で飼育し、ほぼ一週間ごとの排出量を調べ、1日あたりの平均排出量を求め野外での結果と比較した。野外では地表に排出されない土壌糞が地中に残されており、これらを回収することは困難であるが、室内のシャーレを用いての飼育では排出された土壌糞はすべて回収することができる。しかし、ミミズの行動範囲は制限され、土壌条件、気象条件などは全く異なった条件になっ

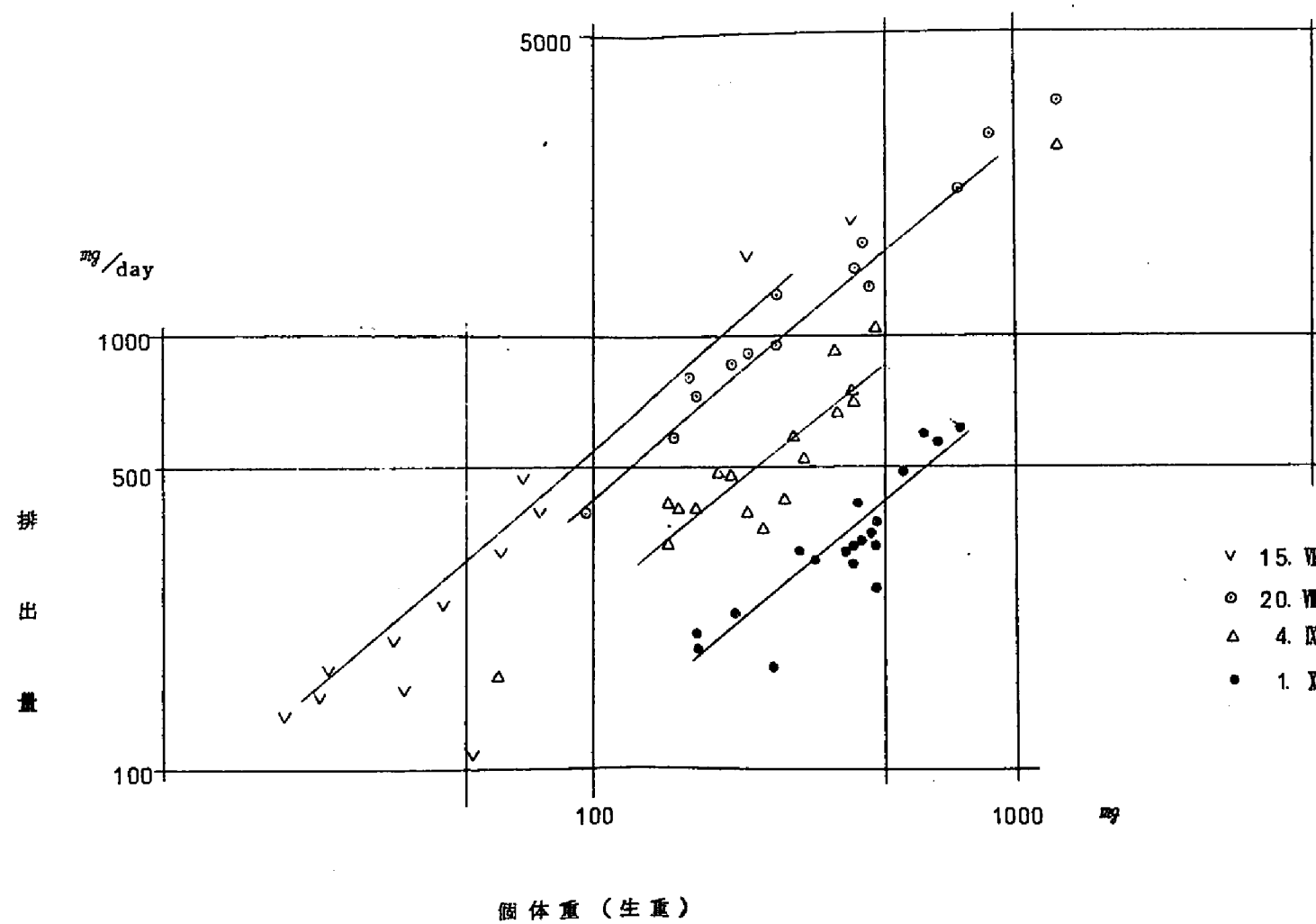


図15(b) 個体重-排出量関係(7月~10月)

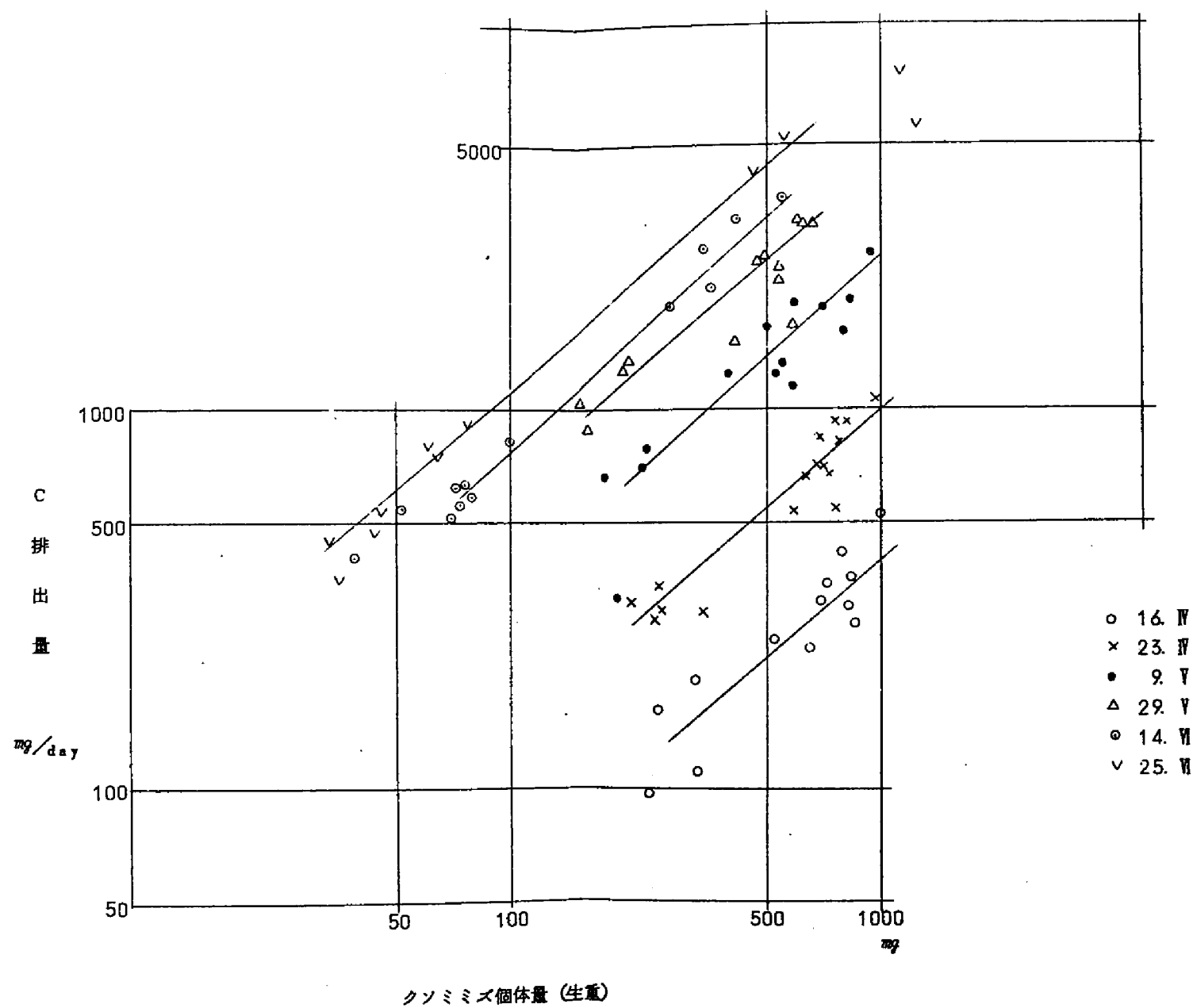


図15(a) 個体重 - 排出量関係 (4~6月)

ている。

シャーレを用いた飼育によるクソミズの個体重(生重)と1日あたりの排出土壌量(絶乾重)の関係を図-15に示した。結果はかなりばらつきの大きいことを示しているが両対数グラフではほぼ直線関係を示し

$$\log C = a \log W + b \quad (C: \text{排出量}, W: \text{個体重})$$

の関係式が成立し、 a 値はほぼ0.9であることを示している。しかし、飼育期間中の時期によって個体重あたりの排出量は大きく増減し、6月下旬～7月上旬の飼育結果が最も大きな排出量を示し、7月上旬では個体重1gのミミズで8gの排出量を示し、4月中旬ではわずかに0.5gくらいであることと比較して著しく大きな値を示した。いま、各飼育期間ごとの個体重-排出関係から、おおまかに関係式を求め、1gのミミズの排出量を算出し、その変化を示すと、図-16のように6～7月に個体重あたりの排出量の最も大きいことを示し、7月以降は減少することを示している。

Grant, W.C. (1955) はクソミズの最適気温は15～23℃であると述べているが、6、7月はこれと一致し大きな排出量を示すのに、8、9月でも適温内に入るのに排出量は大きく減少している。これはクソミズのactivityが気温など気象条件のみでなく、生長段階など生理的な条件によってもactivityが低下することがあることを示すものとも考えられる。

また、飼育による結果は後に述べる野外における値にくらべて著しく大きい。これは飼育による実験では新しい土壌への潜入のために、摂食、排出量が大きくなることによるものと考えられる。これについてはBarley, K.P. (1959) は飼育のはじめ新しいトンネルを掘っている時は0.6gのミミズで0.38g/dayの排出量であったものが、1週間後では0.22g/dayに、小さなミミズでも0.42g/dayが0.32g/dayに減少したことを述べているので、シャーレに入れられ、新しい土壌中に潜入する際の摂食、排出量が野外での移動のための摂食、排出量よりも大きいということかも知れない。

土壌摂食性のミミズについてBarley, K.P. (1959, 61) は *A. caliginosa* (Sav.) は体重1gで200～300mg/dayの土壌を摂食し、摂食された土は20時間で消化管を通過すると述べ、0.1g/g/hrの摂食量であったと述べているのと比較して、クソミズの飼育による排出量はいずれも大きな値であるといえる。

3) 野外における activity

個体重-排出量関係

クソミズの糞塊(Cast)で孤立したものをマークしておき、地表に堆積する糞塊をとり除き、24時間後までに新しく排出され堆積している土壌糞を回収し、同時にその糞塊の下に生息

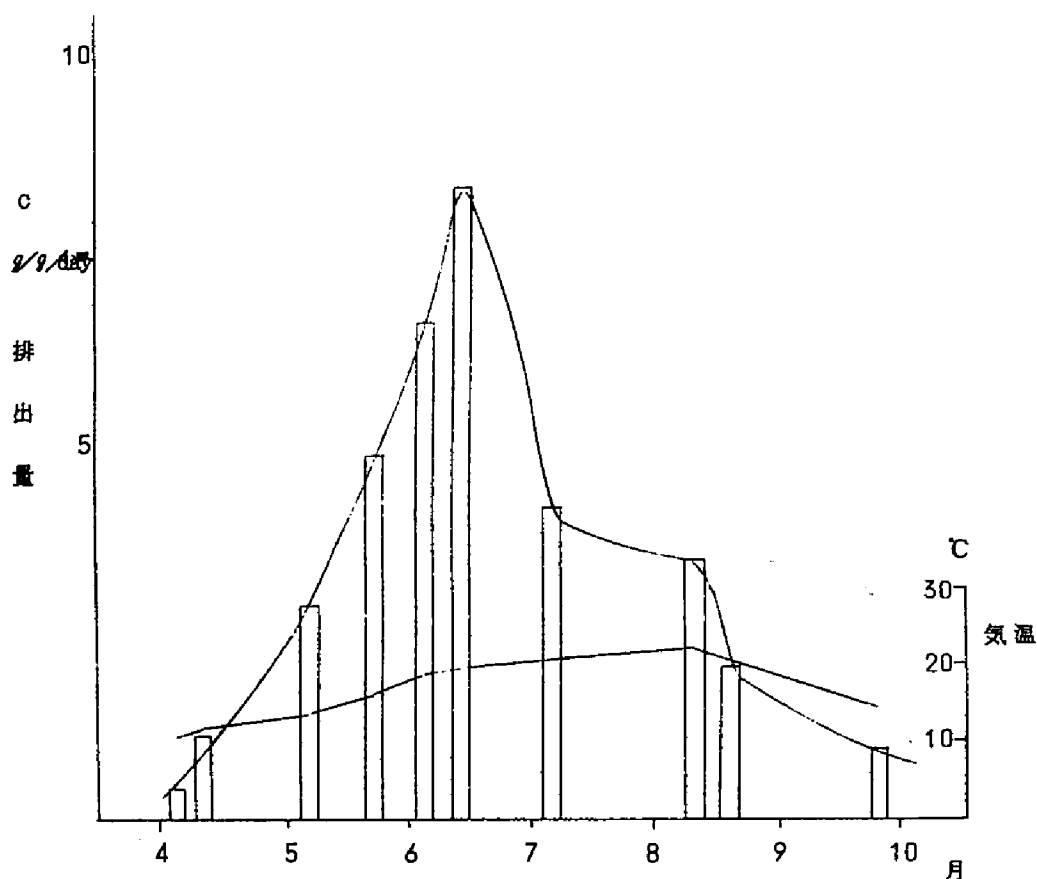


図 16 個体重 1 g のミミズの排出量の変化

するクソミミズを採集し、生重量を測定した。野外における個体重と 1 日の排出土壌量（乾重）の関係を図-17 に示した。個体重と排出量は両対数グラフではほぼ直線関係を示し、また、時期によって個体重あたりの排出量が異なることを示し、飼育による結果と一致した。すなわち、4 月よりも 6、7 月の個体重あたりの排出量の大きいことを示している。

この個体重と排出量の関係は次式で表わすことができる。

$$4 \text{ 月} \quad \log C = 0.91 \log W + 0.344$$

$$5 \text{ 月} \quad \log C = 0.91 \log W + 0.528$$

$$7 \text{ 月} \quad \log C = 0.91 \log W + 0.705$$

C : 排出量 mg/day W : 個体重 mg

勾配はほぼ0.91を示し、飼育での結果と一致している。これは野外では1gの個体重をもつクソミミズで4月中旬には1.2g、6月1.8g、7月には2.9g/dayの土壌糞を排出し、また、個体重100mgの小さなものでは4月に150mg、6月には240mg、7月には350mg/dayと個体重の3倍以上の土壌糞を排出することを示している。

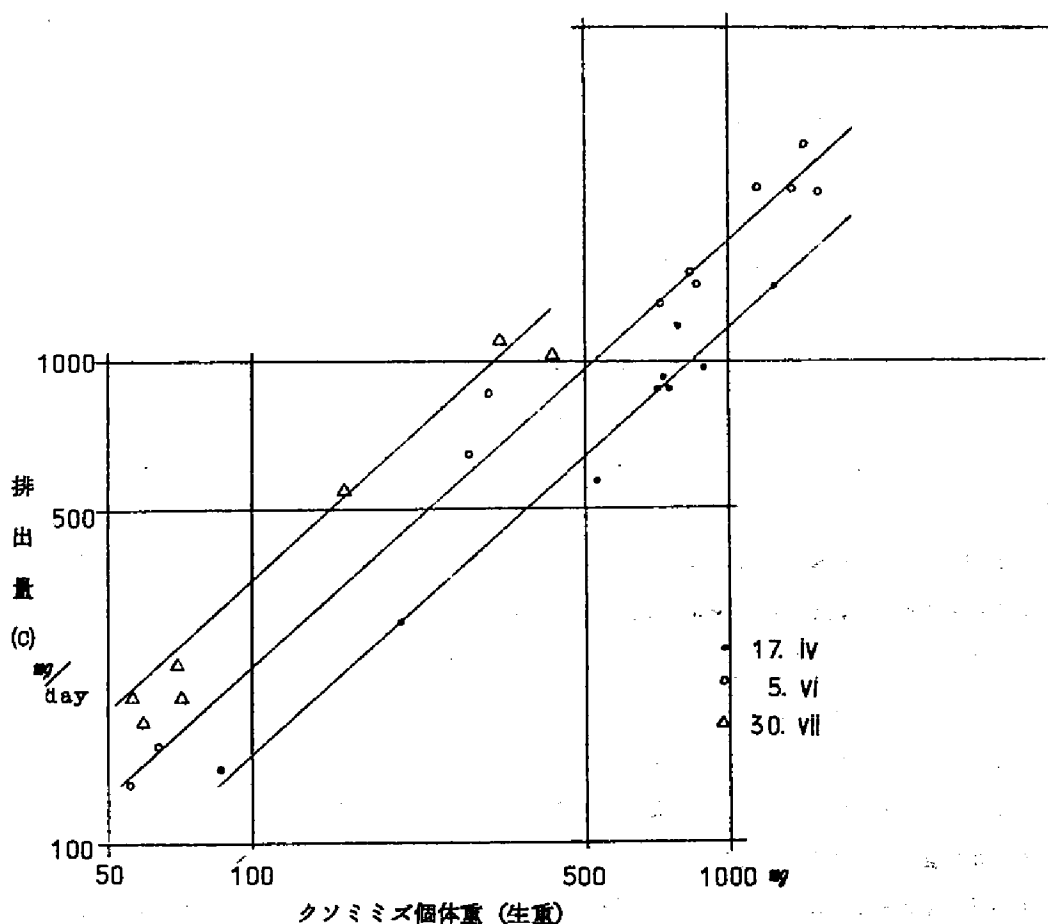


図17 個体重と排出量

4月よりも6、7月と気温の高くなるほど排出量が大きくなり、個体重の小さなものの体重あたりの排出量の大きいことを示しているが、室内飼育の結果と比較するといずれも小さな値であることは、野外の場合、排出物が土壌中にまだ残されていることや、飼育の場合に新しい土壌への移行のための摂食、排出が大きいことなどによるものと考えられる。

現存量と排出量

草地に50cm×50cmのquadratesを数カ所設定しこの中に堆積するクソミミズの土壌糞塊をすべてとり除いたのち、24時間後には堆積する糞を回収し、同時に堀りとり調査を行ないquadrates内に生息するクソミミズの個体重を測定した。

1968年4月、6月、7月に行なったクソミミズの現存量と排出量の関係を図-18に示した。

4月の現存量あたりの排出量よりも6、7月の方が排出量が多いことを示している。現存量-排出量関係でばらつきの大きいのは構成するクソミミズの個体重の構成割合が異なっているためとも考えられる。このため実測値とクソミミズの個体重-排出量関係から推定した排出量の総和と比較してみた。表-15に示したように4月は推定値がやや大きく、6、7月は実測値の方が大きいことを示している。これが一致しないのは個体重-排出量関係は孤立した1個体のみを対象にしているので、多数のミミズが接触し影響しあっているところのものと、そのactivityが異なることも一つの理由であろう。しかし、大まかにみれば現存量を調査することによって、クソミミズの排出量を知ることができるといえよう。

年 土 壌 排 出 量

1968年4月中旬、クソミミズの地表への糞塊の排出が始まるとすぐに10カ所のquadrates(1m×1m)を設定し、2～3日ごとに堆積する糞を回収し、1月下旬、地表への排出がなくなるまでつづけ、活動期間中の地表への排出量を調べた。このquadrates内に糞の排出が行なわれなくなった11月上旬、土壌を堀りおこし、生息するクソミミズおよびその他の動物を採集した。また、排出量の変化と気温、降水量などとの関連をも調べた。

4月中旬から10月下旬までの、この草地における6カ月半のミミズの活動期に地表に排出された土壌糞の総乾重を表-16に示した。1年間に排出された量は2323～6135g/m²にも達し、それも5～7月に排出量が大きく8月以降は急激に減少することを示している。この回収された量以外にも、活動期間中でも地表に排出されず地中の孔道内などに残されているもの、あるいは春、秋の土壌中深くへの移動の際の排出量などを考慮すれば、ここに示された以上の土壌がミミズの消化管を通ることを示しており、ミミズの土壌摂食排出量、耕耘量の大きいことを示している。

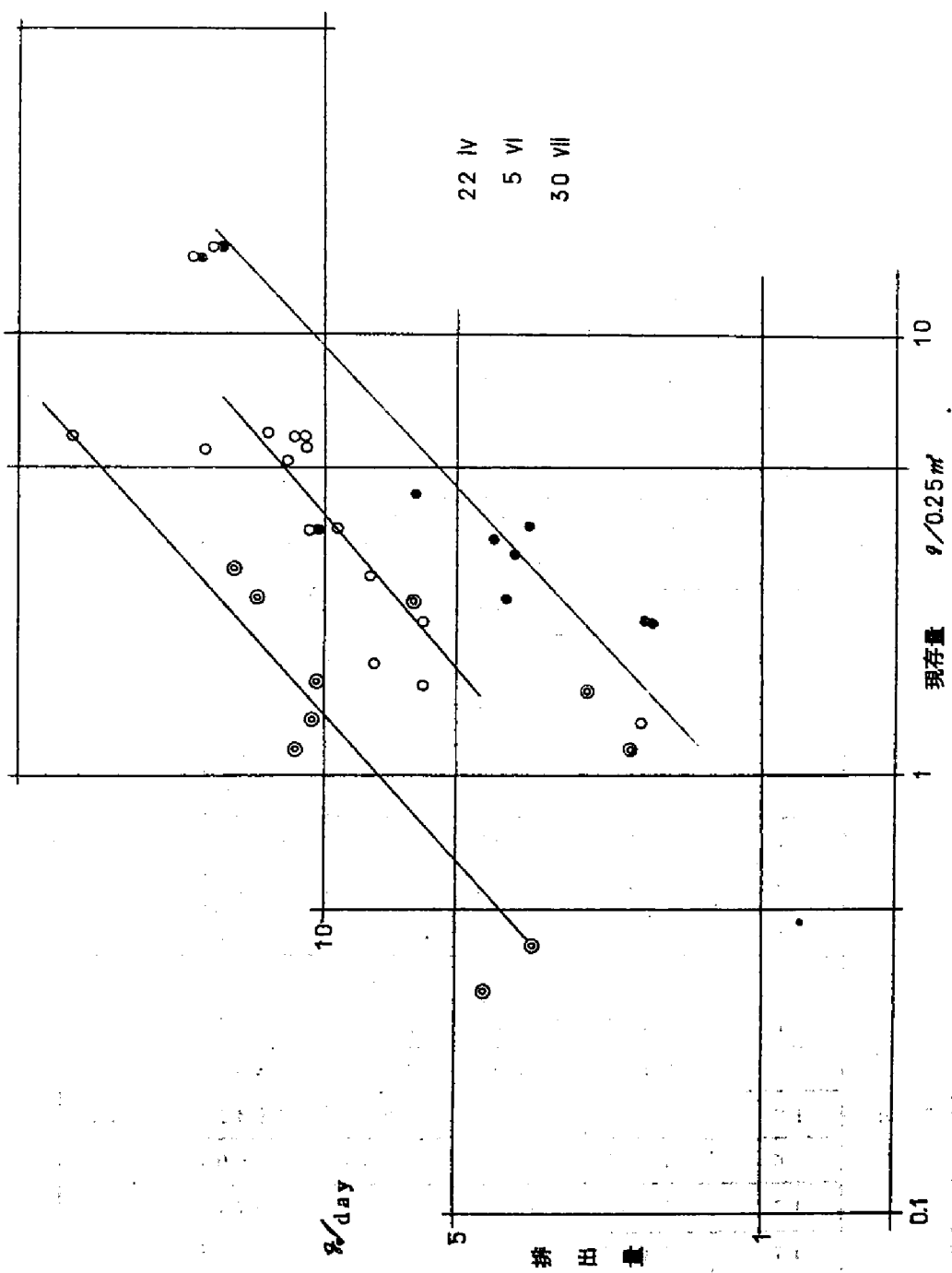


図18. 現存量と排出量

表-15 排出土壌量と個体量-排出量関係からの推定値

	個 体 数	現存量 g/m^2	a 排出量 g/m^2	b 個体量-排出量関係からの推定値 g	$b/a \times 100$ 適合度 %	適合度の 平均値 %
4 月	4	2.225	1.850	2.739	148.0	111.5
	1	0.476	0.813	0.593	72.9	
	7	3.473	4.072	4.325	106.2	
	3	2.525	3.910	2.998	76.7	
	13	4.286	6.191	5.531	89.3	
	4	2.251	1.825	2.806	153.7	
	6	3.218	3.752	4.016	107.0	
	8	3.748	3.416	4.713	137.9	
6 月	48	2.505	14.076	5.939	42.2	69.6
	18	2.782	7.800	5.868	75.2	
	5	1.585	5.970	3.206	53.7	
	7	2.243	6.015	4.304	71.6	
	14	5.181	12.224	10.095	82.5	
	14	5.432	18.134	10.468	57.7	
	1	1.323	1.897	2.415	127.3	
	32	3.615	9.352	7.758	82.9	
	48	5.840	37.050	12.260	33.1	
7 月	4	2.499	6.259	7.083	113.1	74.4
	7	3.037	15.816	8.580	54.2	
	2	0.424	3.303	1.279	38.7	
	12	1.149	1.989	3.840	193.1	
	6	1.685	10.063	4.934	49.0	
	17	1.334	10.341	3.867	37.4	
	17	1.182	11.552	4.050	35.0	

表-16 年土壤黃排出量

 g/m^2

ク15-1 月	4	5	6	7	8	9	10	Total g/m^2	容積 cc/m^2	新成土埋没深 mm
1	78782	460910	1045684	852073	691548	321484	24546	3475027	27831	28
2	93801	201425	504770	707275	716848	493696	40246	2758061	22090	22
3	131239	277153	553939	807917	1001384	503201	15883	3290716	26355	26
4	65858	114442	204291	557008	666512	673862	22820	2304793	18459	18
5	272941	884840	1234033	1130084	1151479	577218	22902	5273497	42235	42
6	197823	709107	1257244	1153629	635259	485068	58722	4496832	36015	36
7	385792	775678	1446058	776881	754486	502151	23380	4664426	37357	37
8	405925	1276988	1951738	1203917	886349	365948	44670	6135535	49139	49
9	152600	463297	1236470	644337	661762	435301	0	3593767	28783	29
10	271897	666390	976443	231119	118050	59316	0	2323215	18607	19

表-16 クマドリート内の土壌動物の個体数、現存量 mg/m^2

動物 クマドリート	Rhysodonta クソンミミズ	A. japonica サクラミミズ	Philgendorfi ヒトツモンミミズ	Scarabidae コガネムシ	Cicade セ	Tipula ガガンボ	Diptera 双翅類	others その他	Total 総計
1	11 1872	40 5404		42 1052		7 33	2 9	1 6	103 8672
2	9 2502	28 6617	1 7836	22 824		4 249	1 5		65 18033
3	4 1339	16 3207		6 314			2 26		28 4886
4	5 1453	29 6783	2 9260	2 50	1 5		1 109		40 17660
5	19 6950	15 2365		8 616		3 92	7 76	2 17	54 10116
6	25 8002	11 3972	1 4968	26 3008		2 63	16 545	2 86	83 20644
7	16 4395	14 2390		9 657			4 23		43 7465
8	23 9185	1 207		6 670		1 46	3 15	1 9	35 10132
9	12 5206	13 2367	2 4482	3 150	1 64	2 90	30 195	15 113	78 12667
10	5 1388	3 1002		2 246		1 90	2 40		13 2766

これら摂食によって土壌中にはトンネルを築き、地表には新しい土壌層を形成する。これは孔隙を増し、通気、透水性をよくすることになり、人為の耕耘のないこのような草地でも土壌肥沃性のミミズ類が耕耘に大きな役割をはたしていることが強調される。1年間に地表に排出された土壌を容積に換算してみると、容積重は $124.9\text{ g}/100\text{ cc}$ であったことから、土壌中から $1.8\sim 4.9\text{ l}/\text{m}^2$ の土壌を地表に移動させ、地中にこれだけの孔隙を造成したことになる。また、地表に $0.2\sim 0.5\text{ cm}/\text{m}^2$ の厚さの新しい土壌層を形成したことを示している。

排出量の季節的变化についてみると、5～8月に大きな排出量のあることを示しているが、図-19に示したように5～7月に大きなところと、7～8月に大きなところがみられる。気温および降水量を同時に示したが、明瞭な相関はみとめられない。

また、11月上旬に掘りとり調査を行なった時点の現存量と年排出量の関係を図-20に示した。いずれも現存量の大きかったquadratsの排出量の大きいことを示している。

ミミズ類の排出土壌量についてDarwin, C. (1881)は牧場で $756\sim 18.12\text{ ton}/\text{ha}$ の土をもちあげると述べているが、くわしい調査、算出方法は全く示していない。Evans, A. C. (1947)、Guild, W. J. McL. (1952, 55)は*A. longa*, *A. nocturna*の2種を用いて2週間ごとの調査で $4\sim 36\text{ ton}/\text{acre}/\text{y.}$ の土がミミズの消化管を通り、地表に排出されると述べ、Satchell, J. E. (1967)は温度その他の条件によってかわるが $120\text{ g}/\text{m}^2$ のミミズの現存量がある牧場で1年間に約 $2640\text{ g}/\text{m}^2$ の土壌が摂食されていると述べている。また、畑井(1931)は $220\text{ ton}/\text{ha}$ の土がミミズの消化管を通ると述べているが、その調査、測定方法は示していない。

これらの調査例と比較しても、この草地におけるクソミミズだけで、活動期間中に $23\sim 61\text{ ton}/\text{ha}$ の排出量を示したことはかなり大きな値であるといえる。また、この草地には表16に示しているように、クソミミズの他にサクラミミズ*A. japonica*、ヒトツモンミミズ*P. hilgendorfi*も生息しているのに、これらの排出量は含まれていないので、実際にはクソミミズの回収されない糞とともに、ミミズ類によって摂食、排出された根、耕耘量、孔隙造成量はこれよりも大きな値であろうと考えられる。

4) 排出土の理化学的变化

調査地の土壌を用いて飼育を行ない、飼育に用いた土壌と排出された土壌の粒徑分析を行なってみた。また、pHおよび炭素、窒素、マグネシウム、カルシウムの含有率についても分析を行なった。分析は炭素はチューリン法、窒素はケルダール法、カルシウム、マグネシウムはEDTA滴定法によった。

飼育に用いた土壌と排出された土壌の粒徑分析をその重量割合で示すと次のようになった。

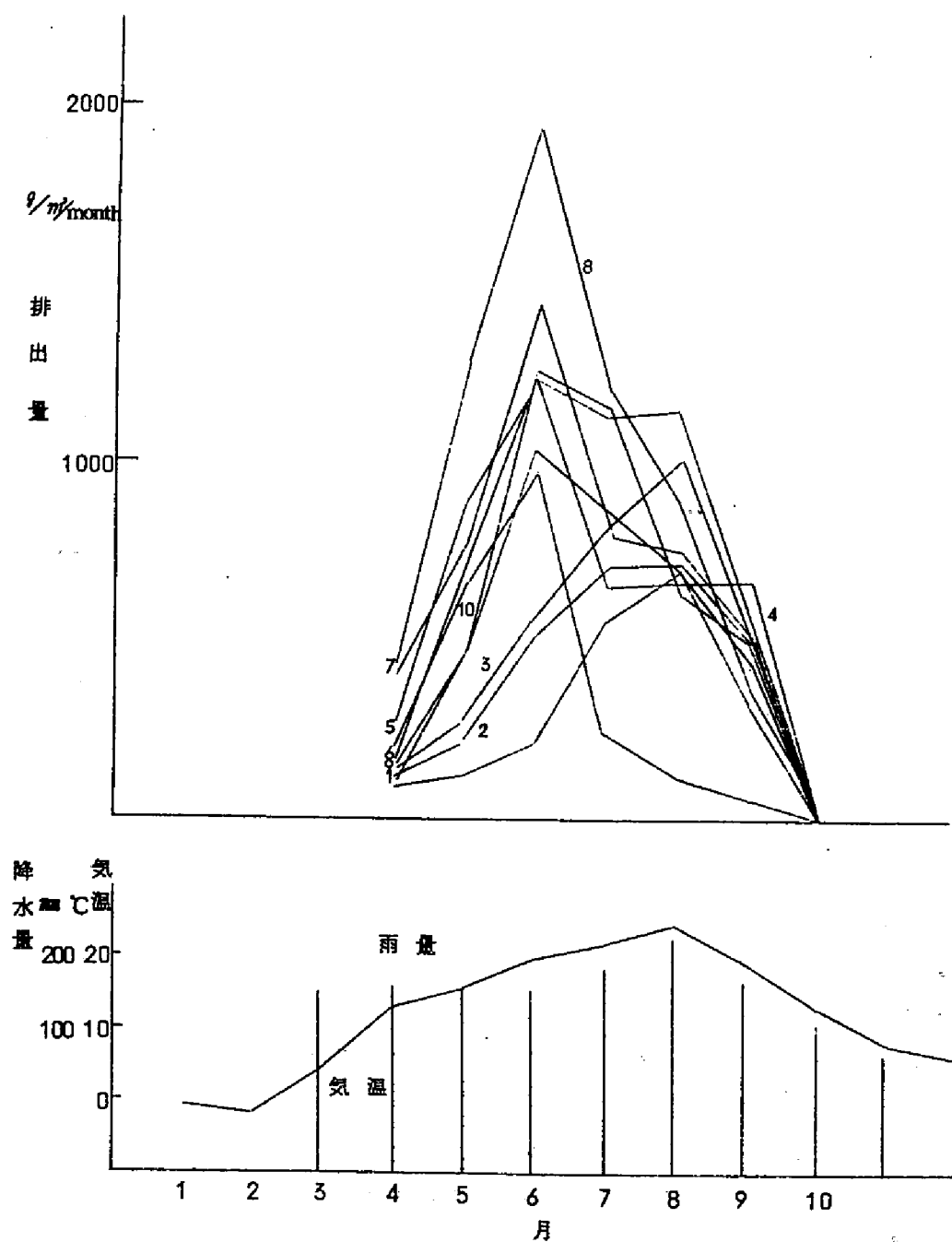


図19 排出量の季節的変動および気温、降水量

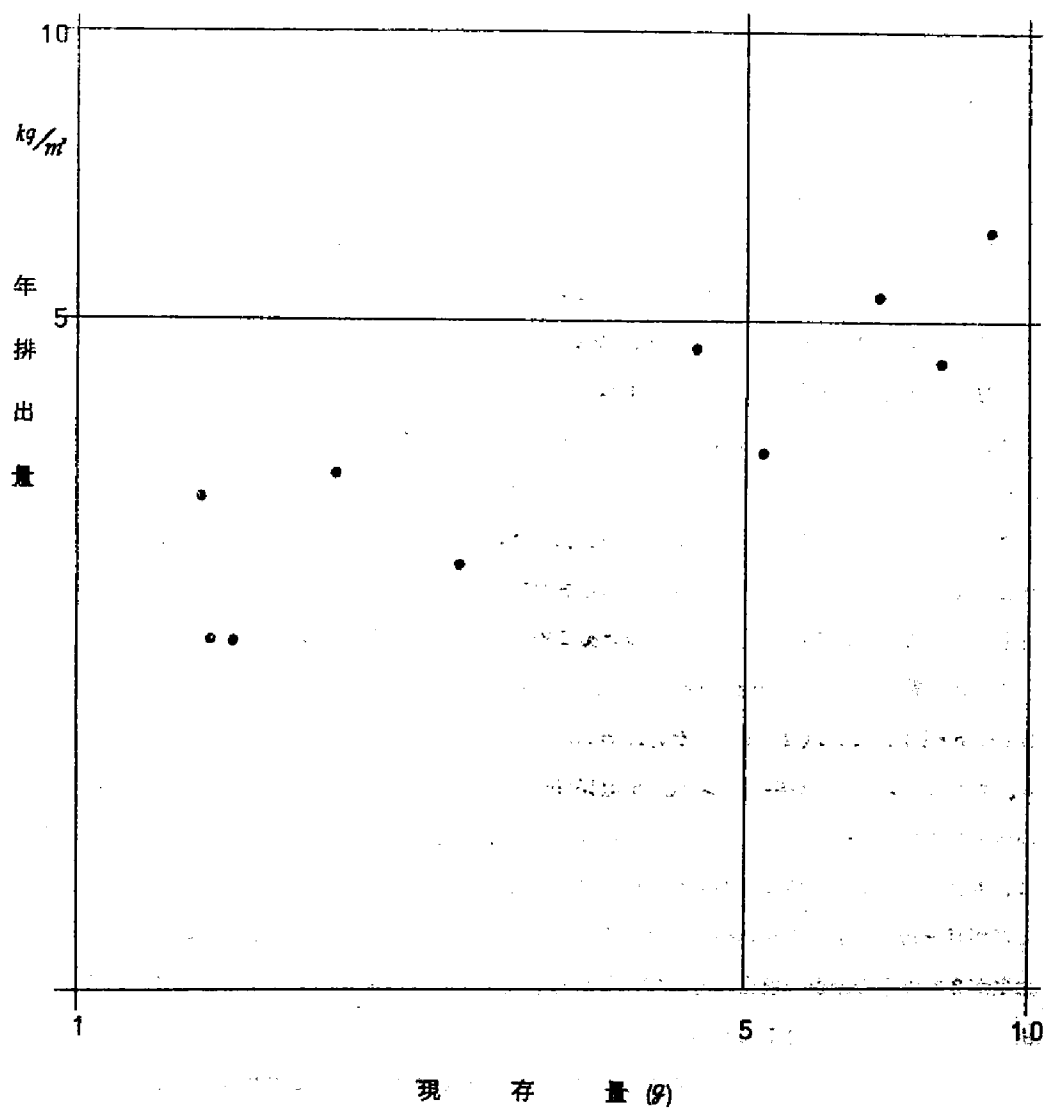


図20 年排出量とクソミミズの現存量(11月)

	礫 > 2 mm	細土 2 ~ 0.2 mm	粘土 < 0.2 mm	(%)
飼 育 土	247	314.7	66.08	
排 出 土	0	28.9	71.1	

排出土壌養には2 mm以上の礫は全く含まれておらず粘土の割合が大きくなっている。ミミズには砂を粉砕する能力があるといわれているが、より粒径の小さな細土、粘土のところを選択的に摂食しているものと考えられる。

また、調査地の表層土（飼育土）とミミズの排出土の化学的性質は次のとおりであった。

	表層土（飼育土）	排出土
PH(H_2O) (1:25)	5.2	5.6
C %	1.63	2.53
N %	0.201	0.235
Ca mg/100g	52	176
Mg mg/100g	168	240

PHは排出土に高く、また、C、N、Ca、Mgのそれぞれの値も排出土に大きいことを示している。

PHが排出土に高いことは、すでにLunt, H.A. (1944) などによって報告されており、これは消化管から分泌される物質によるものとされている。C、N、含有率も排出土に高い。Nの含有率の高いことは、これも消化管からの分泌の添加によるものであろう。

ミミズの糞についてはDusserre, C. (1902)、三坂(1929)、Lunt, H.A. (1944)、Satchell, J.E. (1967) などの研究があり、いずれも全石灰、置換性石灰、置換性カリウム、置換性マンガン、有機態リン酸、全置換性塩基、全有機物などが大きいとされており、本研究の結果もこれらと一致している。しかし、炭素含有率（有機物）が排出土に大きくなっていることは、摂食物から有機物の吸収があれば炭素含有率は減少すると思われることと矛盾する。これはミミズが有機物含有率の大きい枯死した根の部分などを選択的に食べていることと、ミミズ類の表土壌が2 mm以下の細かい粒径のものであるから、炭素含有率が重量比で大きくなることの2つの理由を示しているものと考えられる。

このため2 mm以下の細かい粒径のものだけを摂食させ、また、乳鉢ですりつぶして粉状にして飼育し、その排出土と炭素含有率を比較してみたところ、次のような結果になった。

	炭 素 含 有 率 %	
	摂 食 土	排 出 土
細 土 < 2 mm	2.18	2.12
粉 状 土	1.468	1.404

排出土に含有率がわずかに小さいことを示した。これが消化による吸収としても、その吸収率、同化率はきわめて低いものとみてよかろう。これらのことからクソミズでは摂食土壌重量と排出土壌重量は重量的にはほぼ等しいものとしてよいと考えられる。

2. 落葉摂食性ミミズの activity

シーボルトミミズ *Pheretima sieboldi* (Horst.) はフトミミズ科に属し、主として西日本に分布する青藍色の光沢ある体長 30 cm、体巾 1.5 cm、個体重 30 g にも達する大きなミミズで、森林の落葉層および土壌の表層に主として生息しており、落葉や有機物の多い表層土を摂食しているため、落葉摂食性のミミズとして本種を飼育し、個体重あたりの摂食、排出量、排出糞粒数などについて調査を行ない、森林におけるシーボルトミミズの落葉摂食粉砕量を推定してみた。

調 査 地

森林におけるシーボルトミミズの個体数、現存量の調査は和歌山県西牟婁郡白浜町にある京都大学白浜試験地のスラッシュマツ林および天然常緑広葉樹林(シイ・ツバキ林)で行なった。調査は 1968 年 10 月および 1969 年 10 月に 50 cm × 50 cm の quadrat (一部は 1 m × 1 m) を設定し、深さ 40 cm まで堀りとり、生息するシーボルトミミズやその他の大型土壌動物を採集し、その生重量を測定した。また、飼育のための採集は 1969、70 年に数回づつ行なった。

1) 生態的特性

シーボルトミミズの多くの個体を採集することのできた 7、10、11 月の個体重組成を図-21 に示した。野外においては 10~20 g の個体重をもつものが多いことを示しており、これらはいずれも環帯を有し成熟個体であると認められた。この体長、体重関係は図-22 に示したとおりである。

シーボルトミミズは夏期には落葉層または土壌表層に生息しているが、11 月には土壌中深さ 5~30 cm まで移動していた。この移動の際にはシーボルトミミズでも、もちろん鉱物質土壌を摂食している。

2) 室内飼育における activity

飼育には直径 20 cm の大型シャーレを使用した。1968 年の調査によって、落葉のみを与えるとあまり摂食せず、個体重を減ずるものがあること、糞の回収が困難であったので 1969 年以降、FH 層と表層土を 2 mm の篩に通して、シャーレに入れ、軽くおさえて飼育したところ、長さ 5 mm、巾 3 mm くらいの大きな糞を排出し回収が可能であったので、この方法を利用し、恒温器 (60 cm × 50 cm) で飼育した。また、恒温器の扉は閉めず、ガラス内扉だけし、特別な照明はしなかった。

飼育は 7~10 日ではほぼシャーレが満ちて充たされるので、1 週間ごとにくりかえし、個体重を測定し、排出された糞粒数をかぞえ、糞の絶乾重を測定した。また、シーボルトミミズの幼体がえられなかったため、同時に採集されたフトミミズの 1 種 (*Pheretima* sp.) をも、これと対照するために同時に飼育した。

図 21 個体重組成の変化

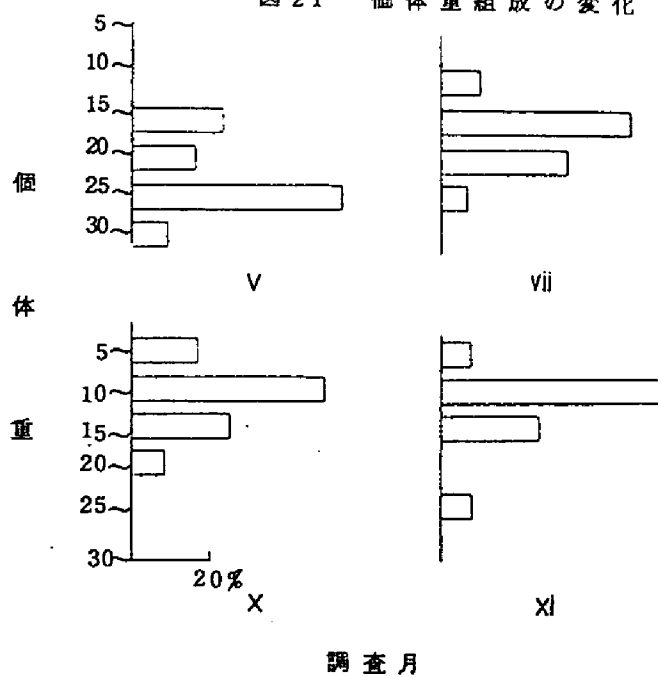
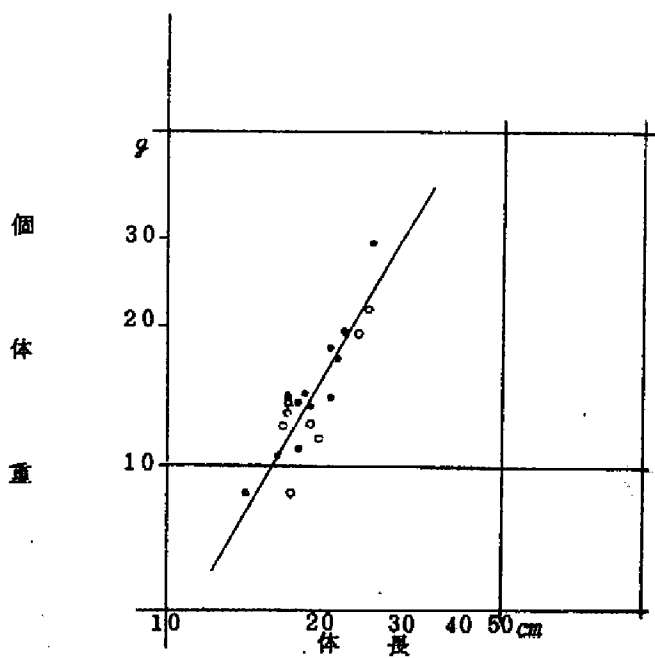


図 22 体長、体重関係



排出所要時間

森林内で採集したシーボルトミミズおよびフトミミズの一種 (*Pheretima* sp.) を、そのまま湿った filter paper を敷いたシャーレに入れ、6 時間ごとに排出された糞を回収した。図 23 に示したように、いずれも 24 時間以内に排出された量の 80~100 % が 12 時間以内に排出されている。この調査では摂食をさせていないが、12 時間までにほとんど排出されていることから、摂食物はほぼ 12 時間で、その不消化物は排出されていると考えられる。シーボルトミミズでは消化管内の摂食物を観察することはできなかったが、フトミミズの一種では 12 時間後には消化管内にほとんど何も残っていないことを認めた。

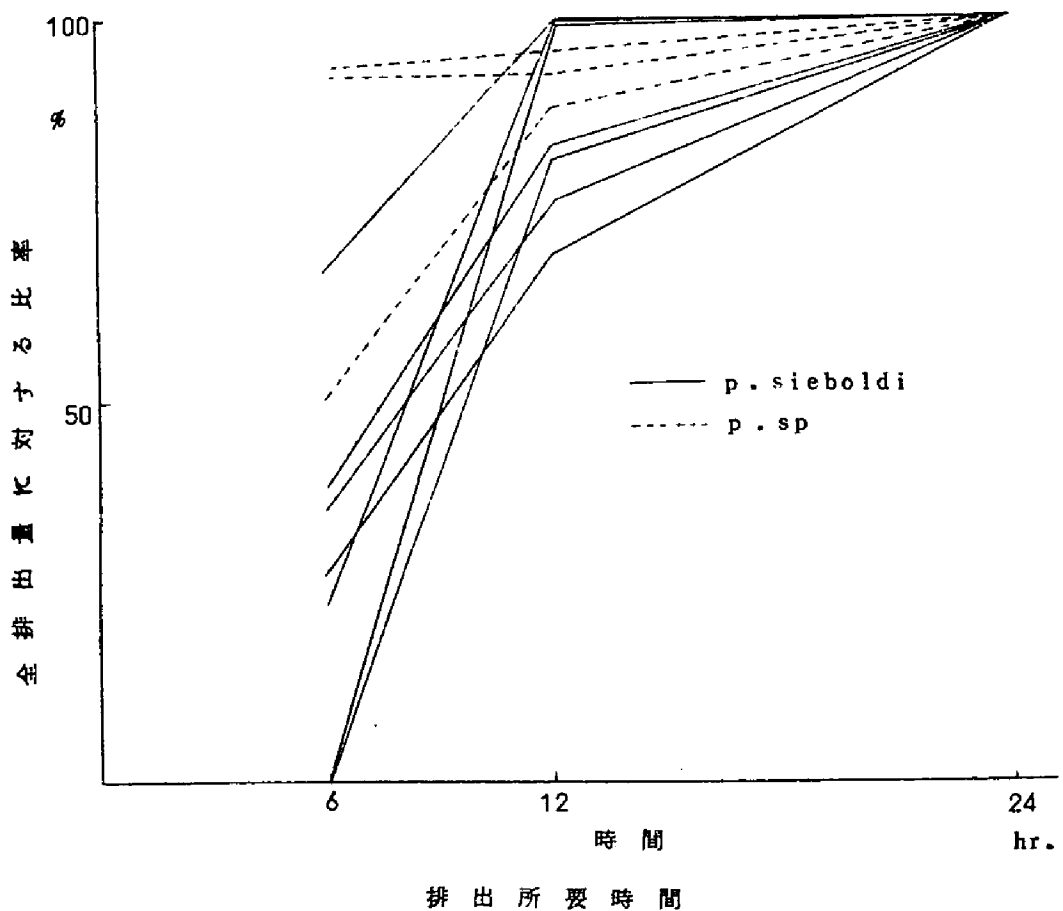


図 23 6時間ごとの排出量の累計

個体重と排出糞粒数

図-24 に個体重あたりの1日の排出糞粒数を示した。個体重の大きなものほど排出糞粒数がやや少なくなる傾向を示している。

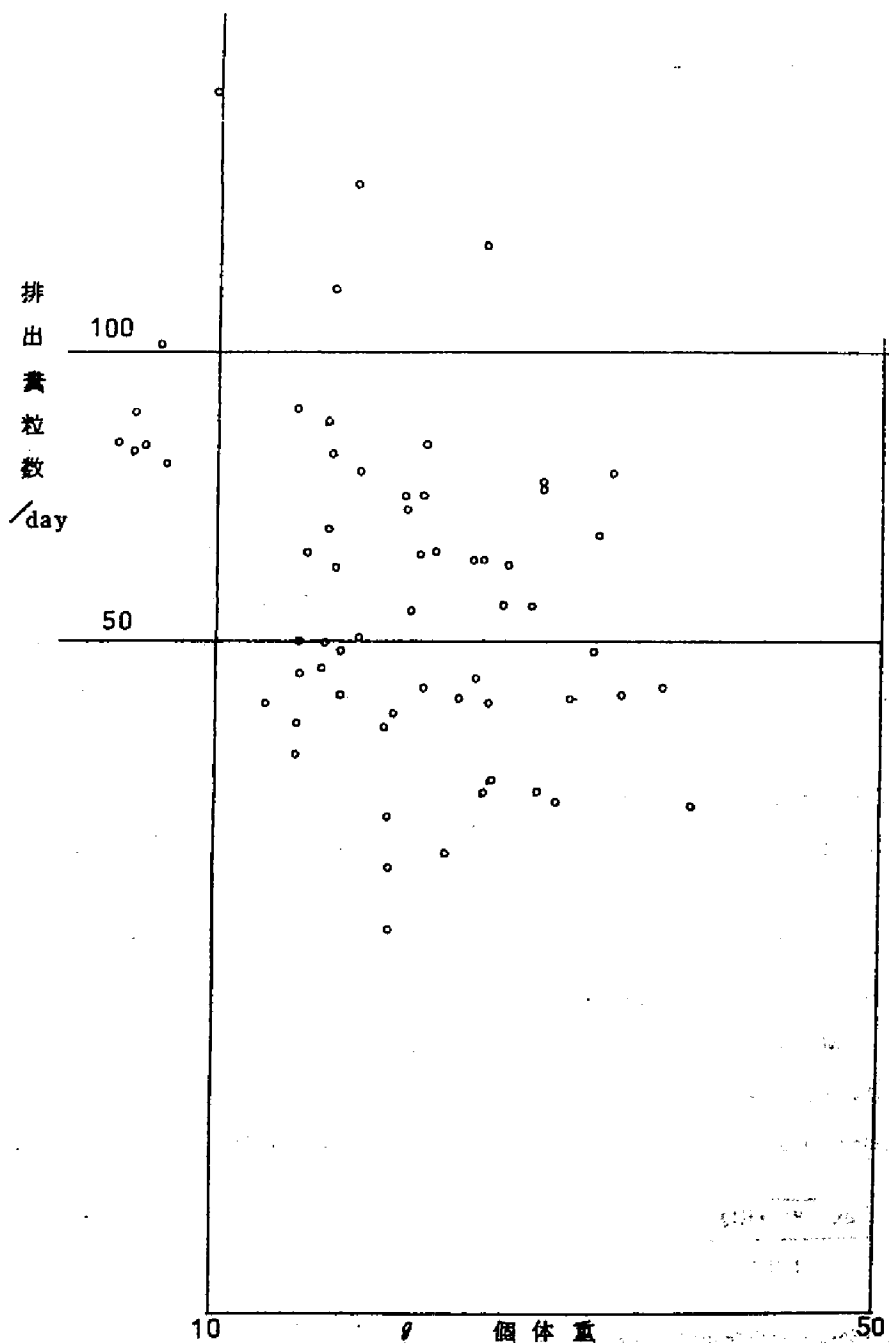


図24 個体重と排出糞粒数

個体重—排出量関係

個体重あたりの平均排出量 g/day を飼育結果から、図-25 に示した。かなりばらつきの大きいことを示しているが、排出量はほぼ個体重に比例し、その量は体重の $1/10$ くらいであることを示している。個体重の重が $8 \sim 30 g$ で、小さな個体重のものが少ないため関係式を求めることが困難なので、これに同様に飼育したフトミミズの一種をつけ加えてみたところ、図-26 のようになり、この関係式は次式で表わすことができた。

$$\log C = 0.921 \log W - 0.517$$

(C : 排出量 W : 個体重)

この勾配はフトミミズの個体重—排出量関係の勾配と一致し、シーボルトミミズにおいても、個体重の小さなものの、一定体重あたりの排出量の大きいことを示している。

有機物を食べるミミズの摂食量についての研究はきわめて少ないが、Barley, K. P. (1959) はミミズ *A. caliginosa* は 1 日に体重の 1 割の家畜の糞を食べることを述べ、現存量 $80 g/m^2$ で活動期間を 150 日/year として、1 年に $120 g/m^2$ の家畜の糞を牧草で消化すると述べ、また、Guild, W. J. McL. (1955) は *A. longa* は家畜の糞を 1 個体で 35~40 g、*A. caliginosa* は 20~24 g、*L. rubellus* は 16~20 g/y を摂食すると述べているが、いずれも短期の飼育からの推定値である。落葉を与えたものはきわめて少なく Franz, H. & Leitenberger (1948) は *L. rubellus* をハシバミの落葉で飼育し 1 日の摂食量は $20 mg$ であったと述べている。

これらの結果と比較しても、シーボルトミミズでは個体重の $1/10$ くらいの有機物と動物質・土壌の混合したものを食べている値は大きく、ミミズ類の落葉摂食物碎量の大きいことを示している。

ミミズの個体重に対する排出量は対数グラフではほぼ直線関係を示し、その勾配は 0.9 くらいとしたが、一般に動物の代謝量は動物の大きさ、とくに体重、体表面積に比例し

$$M = a W^b \quad (M: \text{代謝量}, W: \text{個体重}, a, b: \text{常数})$$

で表わされ、常数 b の値は $2/3$ に近いものとされている。また、このことは摂食量と個体重の間にも次の一定関係があることが示されている。(Dunger, W. 1958)

$$C = \frac{3\sqrt{g^2} \cdot KQ}{100} \quad KQ = 100 \quad \frac{C}{3\sqrt{g^2}} = \quad \begin{array}{l} C: \text{摂食量} \\ g: \text{個体重} \end{array}$$

この KQ 値は一定値を示すとされているが、シーボルトミミズの排出量と個体重からの KQ 値

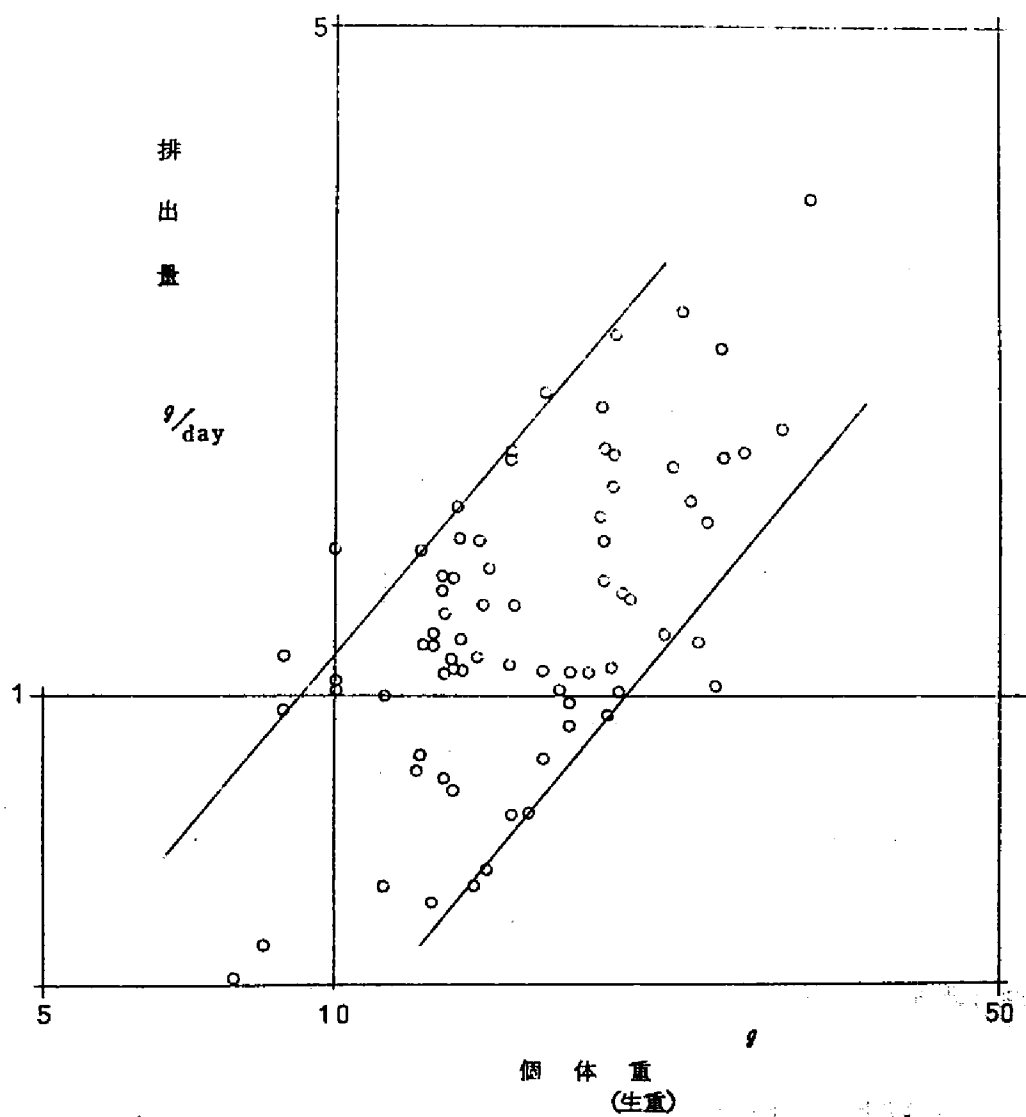


図25 シーボルトミミズの個体重と排出量

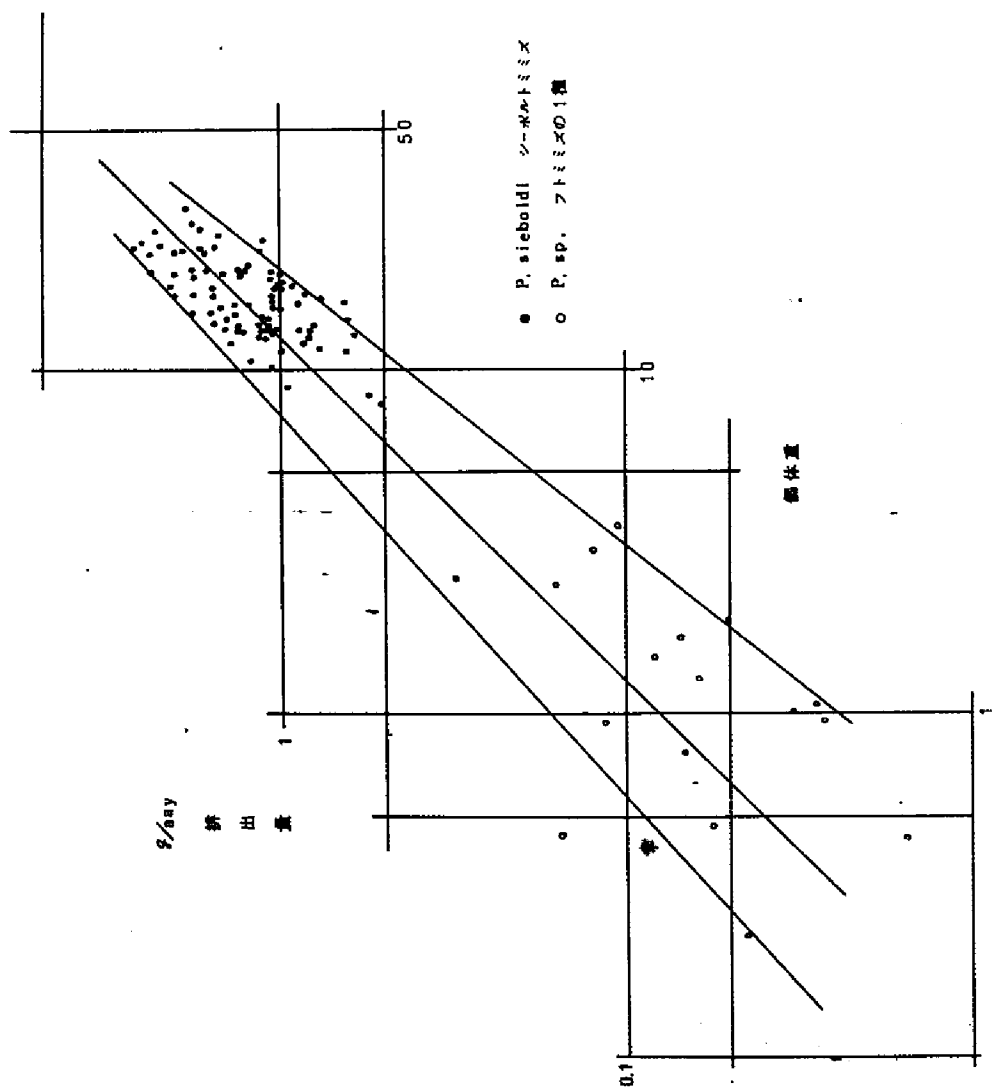


図26 シーボルトミミズおよびフトミミズの1種 (*Pheretima* sp.) の
個体重-排泄量関係

を求めてみると、図-27 のように、シーボルトミミズで10~40、小型の *Pheretima* sp. で10~20 くらいの値を示し、一定値を示していない。

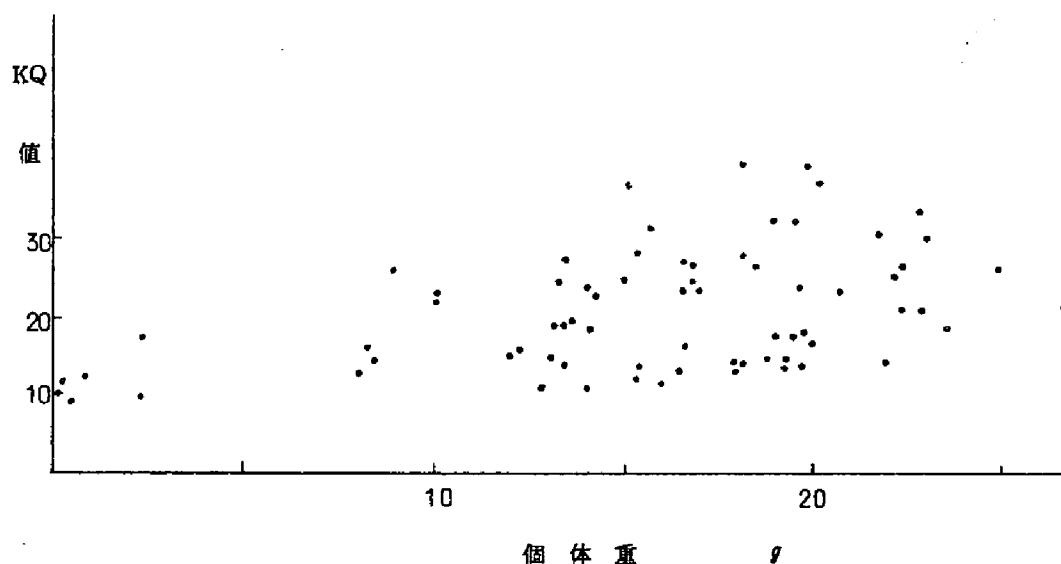


図27 個体重と KQ 値

これはシーボルトミミズでも個体重によって、たとえば成熟その他の生理的条件、あるいは気象条件などによって、摂食・排出量が変動し、KQ値が一定値を示さなかったものであろう。

3.) 森林における activity

動物の二次生産量は次のような関係式によって求められる。

t_1 から t_2 までの期間の長さを Δt とすると

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

時刻 t における現存量を y 、 t_1 、 t_2 における現存量を y_1 、 y_2 、期間 Δt での現存量の変化を生産量 Δy とすると

$$\Delta y = y_2 - y_1 \quad \text{この期間内に吸収された物質質量} \quad \text{すなわち}$$

同化量 ΔA は期間内の摂食量 ΔC から不消化排出量 ΔE を引いたものである。

$$\Delta A = \Delta C - \Delta E$$

同化量から呼吸量 ΔR 、代謝終産物量 ΔU を引いた純生産量 ΔP は

$$\Delta P = \Delta A - \Delta R - \Delta U$$

で求められる。

摂食量 ΔC は排出量 ΔE よりも大きいはずであり、ヤスデ、コガネムシなどでは摂食量の80～90%が不消化物として排出されている。ミミズ類については、この同化量、同化率 $\Delta E/\Delta C$ を調らべたものはなく、また、ミミズの摂食物が土壌あるいは落葉と土壌の混合物であるので、同化率を求めることはきわめて困難であろう。

しかし、クソミミズの糞の分析結果で述べたように、摂食物と排出物の有機物量がほとんどかわらないことから、重量的にはミミズの場合、同化率はきわめて低いものと考えられるし、シーボルトミミズについても飼育土の炭素含有率は24～25%、排出物のそれも25.0%であったことから、同化率はきわめて低いものとして、スラッシュマツ林、常緑広葉樹林におけるシーボルトミミズの摂食量（落葉粉砕量）を推定してみた。

スラッシュマツ林および常緑樹林におけるシーボルトミミズの調査結果は表-17に示したようにスラッシュマツ林でquadrant (50 cm × 50 cm) あたり1～2頭、現存量は228～335 g、常緑広葉樹林では、11.9 g/0.25 m²、33.7 g/m²であった。この結果はシーボルトミミズとしてはかなり高い密度であると思われる。

この調査結果は個体重・排出量関係から排出量を推定してみるとスラッシュマツ林では7.2～10.6 g/m²/day、常緑広葉樹林でも2.6～3.8 g/m²/dayの排出量になる。この排出物の炭素含有量は25.02 mg/100 mgであったので、腐植の平均炭素含有量から1.724倍して有機物量に換算してみるとスラッシュマツ林で3.1～4.6 g、常緑広葉樹林で1.1～1.6 g/m²/dayの有機物を不消化物として排出していることになる。しかし、シーボルトミミズが摂食するような落葉層のうちのF、H層あるいは土壌表層の炭素含有率は20～30%（松本ほか1969）であるので、排出物と摂食物の有機物はそのまま落葉量とも、ほぼ同じと考えられ、この場合にはスラッシュマツ林で7.2～10.6 g/m²/day、常緑広葉樹林で2.6～3.8 g/m²/dayの落葉を摂食排出すると大まかに推定することができる。

このスラッシュマツ林および常緑広葉樹林に堆積するA₁層量はそれぞれ1170 g/m²、570～728 g/m²であったので、この量をシーボルトミミズの推定落葉摂食量で除してみるとスラッシュマツ林では111～162日、広葉樹林では190～215日で、すべての有機物がミミズの消化管を通ることになる。

もちろん、20℃の恒温での飼育結果からの推定値であり、また、シーボルトミミズの個体数、現存量の変動もあるので、ここに示した日数に意味は少ないが、シーボルトミミズ1種についても、

その摂食粉砕量の大きいことを示している。

表-17 スラッシュシュミツ林、常緑広葉樹林における推定摂食量

	Plot №	シュカルトミ ミズ固体重 g	排 出 量 D g/day	D' g/day/m ²	炭素含有量 C g/m ²	有機物量 O g/m ²	A ₀ 腐 敗 (A ₀) g/m ²	A ₀ / O /day	A ₀ / D' /day
スラッシュシュミツ林	1	21.8 11.5	1.73 0.92	10.59	2.65	4.57	1170	256	110
	2	16.5 17.0	1.34 1.40	10.68	2.67	4.61	1170	254	110
	3	22.8	1.80	7.20	1.80	3.11	1170	377	160
常緑広葉樹林	1	12.0	1.00	3.83	0.96	1.65	728	440	190
	2	33.7	2.65	2.65	0.66	1.14	570	497	215

4) 排出物の理化学的性質の変化

飼育に用いた土壌、落葉の混合物の粒径分析を行ない、排出糞と比較して表-18に示した。シーボルトミミズでもクソミミズと同様に粒径の小さなものの割合が排出物に大きいことを示している。

表-18 粒径組成の変化

粒 径	飼育土%	排出土()%
>2mm	0.1	—
2~1mm	4.4	1.9
1~0.5mm	23.3	16.3
0.5~0.25mm	35.2	29.5
<0.25mm	36.9	52.4

シャーレに入れた飼育土壌と糞として排出された土壌の化学的性質を比較してみると、表-19のようにN、C、Caは排出土に含有率の大きいことを示し、クソミミズの結果と一致しているが、Mgはほとんど変化していない。いずれにしてもシーボルトミミズの摂食によって排出物の化学的性質もかなり変化していることを示し、土壌の肥沃化への役割が強調される。

表-19 化学的性質の変化

	飼育土壌	排出土壌
PH(1:25)	4.40	4.65
N (%)	1.16	1.23
P	0.127	0.120
K	0.94	0.37
Mg	0.32	0.27
Ca	0.17	0.53
C (%)	18.45	19.74

結 論

森林の土壌中に生息する動物は多種多様であるが、そのうちほぼ 1 mm 以上の大きなものを分類などを考慮して、大型土壌動物の範囲を定めたことは野外調査およびとりまとめに有効であった。しかし、大型土壌動物にも幼体が多く、種類組成はグループごとの大まかなとりまとめしかできなかった。採集は Hand sorting 法で行なったが、卵および孵化直後の幼体などの採集効率はきわめて悪いものと考えられ、大型土壌動物のそれぞれの種の生態研究を行なうためには Funnel 法、Floating 法などの併用が必要であろうと考えられる。

大型土壌動物の個体数、現存量は樹種、場所（地形）、調査時期などによって大きく異なり、個体数は $56 \sim 1432/m^2$ 、現存量は $0.4 \sim 146.0 g/m^2$ にも達し、森林の土壌中に生息する大型土壌動物の多いことが示された。この個体数、現存量は亜寒帯針葉樹林、温帯落葉樹林、暖帯常緑広葉樹林の順に大きくなり、種類組成も複雑になった。すなわち、温度指数の大きいところほど、大型土壌動物の個体数、現存量は大きな値を示し、温度条件が最も重要な環境要因であると認められた。しかし、同一温度条件下でも最大値と最小値の較差が大きく現われる。これは季節的な個体数、現存量の変動によるよりも、むしろ、地形に基づく土壌、植生、水分条件の影響が大きいといえる。

この多くの動物たちが、森林生態系の中でいろいろな役割をはたしているが、それは落葉の摂食・粉碎と土壌の耕耘の 2 つに大別することができる。この 2 つの役割を同時に果たし、個体数も多く、とくに現存量に占める割合の大きなものはミミズ類であって、ミミズ類の森林における重要性が強調される。

その働き activity は森林帯ごとの各種の森林の A。層の分解率との関連でも示すことができる。

最も重要な動物であるミミズ類の森林における役割、activity を量的に示すため、クソミズを用いて土壌摂食排出量を調べたところ、 $2.3 \sim 6.3 Kg/m^2$ の土壌を地表に排出し、飼育による値は個体重の 8 倍もの土壌を摂食した。また、落葉を摂食するシーボルトミズを用いて、落葉摂食量を調らべてみると個体重の $\frac{1}{10}$ くらいの落葉を摂食し、スラッシュマツ林では $7.2 \sim 10.6 g/m^2/day$ 、常緑広葉樹林では $3.1 \sim 4.6 g/m^2/day$ の落葉を摂食すると推定され、ミミズによる activity の大きなことが示された。

森林における大型土壌動物の土壌耕耘量や落葉摂食量を直接測定する方法はないが、飼育の結果をもとに土壌耕耘量や落葉摂食量を推定すると、土壌や落葉のほとんどがミミズの体内を通ることになり、ミミズの activity はきわめて大きいものと思われた。

土壌動物、とくにミミズ類の森林生態系における重要性が強調されるが、今後は微生物との関連、あるいは動物そのものの分類、生態学的な研究と合わせて、さらに、その役割を明らかにすべきであろう。

摘 要

大型土壌動物をほぼ体長1 cm以上になる動物とし、線虫、ヒメミミズ、トビムシ、ダニ類はすべて除外し、大型土壌動物の範囲を定め、各種の森林および草地においてHand sorting法により50 cm×50 cmのクォドラットを数カ所〜10カ所設定し、深さ30〜80 cmまで掘りとり、大型土壌動物の種類組成、個体数、現存量を調べた。

森林における土壌動物の役割

森林における土壌動物の役割を落葉、落枝の摂食、粉碎と土壌中を移動することによっての土壌と有機物の混合、土壌の耕耘に大別し、それによっての土壌の性質の変化(土壌に与える影響)、土壌の変化による動植物への影響にまとめることができた。

個体数、現存量と環境因子の影響

森林の土壌動物として出現してくる主要なものはミミズ、ヤスデ、イシムカデ、ジムカデ、クモ、コムカデ、アリ類で、その他ハネカクシ、コガネムシ、コメツキムシ、双翅類なども共通して出現する。また、ヒメハマトビムシ、ダンゴムシ、ワラジムシ、ヒメフナムシ、カニムシ、バッタ、シロアリ、セミ類などは温帯落葉広葉樹林、暖帯常緑広葉樹林では優占種であった。

個体数、現存量は亜寒帯針葉樹林、温帯落葉広葉樹林、暖帯常緑広葉樹林の順に大きくなり、シイ・ツバキ林では個体数144〜1432/m²、現存量49.6〜145.0 g/m²の大きな値を示した。

この個体数、現存量と温度指数との関係をみると、温度指数に比例して大きな値を示し、マクロなスケールでみた場合、土壌動物の個体数、現存量を支える最も大きな環境因子は温度条件であると考えられる。しかし、同一温度条件下でも最大値と最小値の較差は大きい。これをミクロな要因としてとらえてみると季節的な変動よりも、地形のちがいが、地形のちがいに基づく植生土壌とくに水分条件の影響が大きいと認められた。また、地表植生の存在や土壌の性質のちがいも個体数、現存量に影響を及ぼす因子であると認められた。

大型土壌動物のうちミミズ類は現存量において、とくに大きな割合を占め、50 g/m²以上の現存量の場合、70〜95 %をミミズ類が占めた。このうち数種のミミズの食性を排出物の炭素含有率で示し、落葉摂食性のものと土壌摂食性のものに大別することができた。さらに、各種の森林においてA。層量およびその平均分解率と現存量との関係をみると、現存量の大きいところほど、落葉の分解率の大きいことを示し、ミミズ類を主とする大型土壌動物が落葉分解にかなり関与していると思われた。

土壌中におけるミミズのactivity

土壌摂食性ミミズのactivity

土壌摂食性ミミズであるクソミミズ (*Pheretima hupensis*) は5月ごろ孵化し、6月はじめには22~28 mg の個体重になり、冬期にはいろいろな大きさのものが混在している。また活動期には地表面に接して生活しているが、11月には10~30 cm、1月には10~70 cmの深さに分布し、大きな垂直移動を示した。

飼育による個体重—排出量関係は両対数グラフで直線関係を示し、排出量は6~7月に大きく、8月以降は少なくなった。野外でも同様に排出量は個体重に比例し、両対数グラフでほぼ直線関係を示し、勾配は0.9 くらいであったが、排出量は時期によって大きく異なった。

4月中旬から10月下旬の活動期間中に地表へ排出された土壌量は2323~6135 g/m² であって、これは土壌中より1.8~4.9 g/m² の土壌を地表へ移動させ、これだけの孔隙を造成したことになる。

排出土のPH、N、C、Mg、Ca、の含有率は摂食土よりも大きく、排出土の土壌粒径は細土、粘土の割合が大きくなり、2 mm以上の礫は全く含まれていなかった。

落葉摂食性ミミズの activity

シーボルトミミズ (*Pheretima sieboldi*) の飼育によって得られた個体重—排出量関係は両対数グラフで直線関係を示し、次式で示された。

$$\log C = 0.921 \log W - 0.517 \quad C: \text{排出量 } g \quad W: \text{生 重 } g$$

シーボルトミミズは個体重の $1/10$ くらいの排出量を示し、摂食物はほぼ12時間で排出され、糞粒数は個体重の大きなものに少ない傾向を示した。摂食量と排出量は重量的にはほぼ等しいものとして野外における摂食量を推定するとスラッシュマツ林で72~10.6 g/m²/day、常緑広葉樹林で2.6~3.8 g/m²/day となり、シーボルトミミズの落葉摂食量の大きいことを示している。

参 考 文 献

青木淳一郎(1968):Tullgren法による志賀高原の土壤 メソファウナ調査結果

北沢右三雄:陸上動物群集の2次生産力制定法(1967)113-124.

Barley, K.P.(1959);The influence of earthworms on soil fertility 1. Earthworm populations found in agricultural land near Adelaide. Austral. Jour. Agr. Res. 10, 2, 171-178.

————— (1959);The influence of earthworms on soil fertility 2. Consumption of soil and organic matter by the earthworm *Allolobophora caliginosa*. Austral. Jour. Agr. Res. 10, 2, 179-185.

————— & A.C. Jennings(1959):Earthworms and soil fertility 3. The influence of earthworms on the availability of nitrogen. Austral. Jour. Agr. Res. 10, 3, 364-371.

————— (1959):Earthworms and soil fertility 4. The influence of earthworms on physical properties of a red brown earth. Austral. Jour. Agr. Res. 10, 3, 371-376.

————— (1961):The abundance of earthworms in agricultural land and their possible significance in agriculture. Adv. Agronomy 13, 249-268.

Baweja, K.D.(1939);Studies of the soil fauna with special reference to the recolonization of sterilized soil. J. Anim. Eco. 8, 1, 120-161.

Birch, L.C. & D.P. Clark(1953):Forest soil as an ecological community with special reference to the fauna. Quar. Rev. Bio. 28, 1, 13-36.

Bornebusch, C.H.(1932):Das Tierleben der Waldboden. Forstwiss. Cent. 54, 8, 253-266.

Burges, A. & F. Raw(1967):Soil biology. Academic Press, London.

- Burges, A. & F. Raw (1967) : Soil biology. Academic Press, London.
- Cameron, A. E. (1925) : Soil insects. Sci. Progr. 20, 92-108.
- Darwin, C. (1881) : The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits. John Murray, London.
- Dhillon, B. S. & N. H. E. Gibson (1962) : A study of the acarina and collembola of agricultural soils. Pedobiologia 1, 3, 181-209.
- Dowdy, W. W. (1944) : The influence of temperature on vertical migration of invertebrates inhabiting different soil types. Eco. 25, 4, 449-460.
- Dunger, W. (1958) : Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Makrofauna in Auenwald. Zool. Jb. 86, 139-180.
- (1964) : Tiere im Boden, Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- Doeksen, J. & J. van der Drift (1960) : Soil organisms. North Holland Publishing Co. Amsterdam.
- Edwards, C. A. & G. W. Heath (1963) : The role of soil fauna in breakdown of leaf material. Soil organisms edited by J. Doeksen & J. van der Drift.
- et al. (1970) : The role of soil invertebrates in turnover of organic matter and nutrients. Analysis of temperate forest ecosystems edited by D. E. Reiche. 145-172.
- Engelmann, M. D. (1961) : The role of soil arthropods in the energetics of an old field community. Eco. Mon. 31, 221-228.
- (1966) : Energetics, terrestrial field studies and animal productivity. Adv. Eco. Res. 3, 73-115.
- 江崎悌三 . 野村健一 (1943) : 土壌昆虫の生態と防除 養賢堂 東京

- Evans, E.C. (1948) : Studies on the relationship between earthworms and soil fertility 2. Some effects of earthworms on soil structure. *Ann. Appl. Bio.* 35, 1-13.
- & W.J. McL. Guild (1947) : Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. I. Biological studies in the field. *Ann. Appl. Bio.* 34, 307-330.
- Franz, H. (1950) ; *Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege*. Berlin.
- Fenton, G.R. (1947) ; The soil fauna with special reference to the ecosystems of forest soil. *Jour. Anim. Eco.* 16, 76-93.
- Ford, J. (1937) : Fluctuation in natural populations of Collembola and Acarina. *J. Anim. Ecol.* 6, 98-111.
- Gerard, B.M. (1962) ; The activities of some species of Lumbricidae in pasture. *Soil organisms*. 49-54.
- (1967) : Factors affecting earthworms in pasture. *Jour. Anim. Eco.* 235-252.
- Ghilarov, M.S. (1965) : Some practical problems of soil zoology. *Pedobiologia* 5, 189-204.
- (1967) : Abundance, biomass and vertical distribution of soil animals in different zones. *Secondary productivity of terrestrial ecosystems*. edited by E.D.K. Petrusewicz. Warszawa.
- Grant, W.C. (1955) : Temperature relationships in the Megascolecid earthworms *Pheretima hupeiensis*. *Eco.* 36, 3, 412-417.
- Graff, O. & J.E. Satchell (1967) : *Progress in soil biology*. Amsterdam.
- Guild, W.J. McL. (1952) : Variation in earthworm numbers within field population. *J. Anim. Eco.* 21, 2, 169-181.
- (1955) : Earthworms and soil structure. *Soil*

- Zoology edited by P.W. Murphy. 83-98.
- 畑井新喜司 (1931) : みみず 改造社 東京
- 北海道開発局 (1965) : 地中動物による草地土壌保全調査報告書 (開発基礎調査)
- (1966) : 地中動物による草地土壌保全調査報告書
- Keven, D.K. McE. (1955) : Soil zoology, London.
- (1962) : Soil animals, H.F. & G. Witherby, London.
- (1965) : The soil fauna, its nature and biology. Ecology of soil borne plant pathogens, prelude to biological control. edited by K.F. Baker, 33-51
- Jackson, R.M. & F. Raw. (1967) : Life in the soil. Edward Arnold, London.
- Jacot, A.P. (1940) : The fauna of the soil. Quar. Rev. Biol. 15, 28-58.
- 菊沢喜八郎・渡辺弘之ほか (1965) : 林床無脊椎動物の存在について, 京大農演報 37, 25-39
- 北沢右三 (1952) : 生物の経済 八木誠政・野村健一著 生態学概説 104-155.
- ほか (1954) : 尾瀬カ原地方の動物生態学的研究, 尾瀬カ原 625-668.
- (1960) : 大隅半島南部の地中動物の生態学的研究 資源研彙報 52/53, 57-67.
- (1961) : 高隈山と霧島山の原生林における地中動物の生態学研究, 資源研彙報, 54/55, 110-120.
- (1962) : 日本の土壌生物群集における動物のはたらき, ベドロジスト 6, 1, 37-41.
- Kitazawa, Y. (1967) : Community metabolism of soil invertebrates in forest ecosystems of Japan. Secondary productivity of terrestrial ecosystems 2, edited by E.P. K. Petrusewicz. Warszawa.
- Kubiena, W.L. (1955) : Animal activity in soil as a decisive factor in establishment of humus forms. Soil zoology

- edited by Kevan, D.K.McE. 73-82
- Kühnelt, W. (1950) ; Bodebiologie, Wien.
- (1955) : A brief introduction to the major groups of soil animals and their biology. Soil zoology edited by Kevan, D.K.McE. 29-43.
- (1961) : Soil biology, Faber and Faber, London.
- (1963) : Soil inhabiting arthropoda. Ann.Rev.Ent. 8, 115-136.
- Lunt, H.A. & H.G.M. Lacobson (1944) : The chemical composition of earthworm casts. Soil Sci. 58, 467-375.
- Martin, J.L. (1965) : The insect ecology of red pine plantations in central Ontario. 3, Soil surface fauna as indications of stand change. Proc.Ent.Soc.Ont. 95, 87-102.
- Macfadyen, A. (1952) : The small arthropods of a Molinia fen at Cothill. Jour.Anim.Eco. 21, 87-117.
- (1961) : Metabolism of soil invertebrates in relation to soil fertility. Ann.Appl.Biol. 49, 215-218.
- (1963) : Animal ecology, aims and methods. Pitman, London.
- 松本久二ほか (1969) : 亜高山帯の森林土壌—志賀高原オタノモウス平の土壌について 日林講 80, 123-125.
- 三坂和英 (1929) : 蚯蚓の糞 (予報), 動物学雑誌 1, 1, 14-17.
- 宮坂増穂 (1961) : ミミズの団粒構造形成について 農業土木研究, 26, 4, 190-194.
- (1961) : 土壌動物と土 - ミミズについて ペトロジスト 5, 1, 32-38.
- Murphy, P.W. (1955) : Ecology of the fauna of forest soils. Soil zoology edited by D.K.McE.Kevan. 99-124.
- (1962) : Progress in soil zoology, Butterworths, London.
- 中原二郎・渡辺弘之・山内正敏 (1965) : スギハムシ 幼虫の令期と幼虫, 蛹, 成虫の構成

- 割合の動き, 日林誌 47, 5, 190-192
- 中村好男 (1967): 札幌附近の異なる土壌型草地における陸上ミミズ相について.
応動昆 11, 4, 164-168.
- Ovington, J.D. & D. Heitkamp (1960): The accumulation of energy in forest plantation in Britain. Jour. Eco. 48, 639-646.
- 斉藤 晋ほか (1964): 丹沢山塊の原生生態系と動物群集 丹沢大山学術報告書 255-288.
- Satchell, J.E. (1955): Some aspects of earthworm ecology. Soil zoology edited by Murphy, P.W. 180-201.
- (1967): Lumbricidae Soil biology edited by A. Burges & F. Raw. 259-322.
- & D.G. Lowe (1967): Selection of leaf litter by Lumbricus terrestris. Progress in soil biology edited by O. Graff & J.E. Satchell.
- 四手井綱英・堤利夫・木村隆臣 (1958): 京都大学芦生演習林の土壌調査報告 (第1報) 京大演報 27, 1-19.
- 四手井綱英・堤利夫 (1962): 林地の有機物の集積量とその年分解率と気候との関係 日林誌, 44, 11, 297-303.
- 堤利夫ほか (1966): タイ国森林土壌における物質量とその循環. 東南アジア研究 4, 2, 137-176.
- グ・ロンツォフ, A.N. (1960): 森林保護の生態学的基礎 (高橋 清訳)
- Wallwork, J.A. (1970): Ecology of soil animals. McGraw Hill, London.
- 渡辺弘之・四手井綱英 (1963): 京都附近のモミ、スギ、アカマツおよび混交広葉樹林の落葉層および土壌中の動物相について 日生態誌 13, 6, 235-242.
- (1966): 熱帯地方における森林土壌動物の研究について—東南アジアを中心に— 東南アジア研究, 3, 5, 138-143.
- (1967): ブナ林, マダケ林およびドイツウヒ林の土壌動物の現存量と落葉の分解(粉碎)にはたす役割. 日林誌 49, 8, 311-315.
- (1967): 土壌動物の働き Edaphologia, 1, 7-9.

-Pairath Saichuae(1967) : タイ国の森林の土壌動物相に関する1研究 東南アジア研究 4, 5, 127-160.
- (1968) : 大型土壌動物の垂直的分布について 日林誌 50, 7, 204-210.
-中村好男 (1968) : macro fauna 調査法 陸上群衆の二次生産力測定法 Ⅱ, 2, G, 2-6.
-菊沢喜八郎・西手井綱英 (1968) : ブナ天然林における大型土壌動物の密度および現存量の推定法について. 京大農演報 40, 11-16.
- (1969) : 大型土壌動物 macrofauna の範囲 Edaphologia 3, 7-9.
-古野東洲 (1971) : 和歌山県下のモミ・ツガ天然林の大型土壌動物相. 京大農演報 42, 44-50.
- (1971) : 大雪山の主要森林植生下における大型土壌動物相について. 加藤陸奥雄 編 : 陸上生態系における動物群衆の調査と自然保護の研究. (1970) 119-128.
- (1971) : 森林における土壌動物の役割 日林誌 53, 1, 26-27.
- Watanabe, H.P. Saichuae & T. Shidei (1966) : On the biomass of soil animals found in various types of forests in Thailand. Southeast Asian Studies, 4, 133-139.
- (1967) : A study of the vertical distribution of soil macro animals in a cryptomeria plantation, a natural mixed forest of cryptomeria, beech and deciduous oak; and a grassland of different soil types. Jap. J. Ecol. 19, 2, 56-62.
- 八木誠政・野村健一 (1952) : 生態学概説 養賢堂
- 山口英二 (1970) : ミミズの話 北陸館
- Huhta, V. et al. (1967) : Effect of silvicultural practices upon arthropod, annelid and nematode populations in coniferous forest soil. Annales Zoologici Fennici, 4, 87-143.
- (1967) : Further notes on the effect of

silvicultural practices upon the fauna of coniferous
forest soil. Annales Zoologici Fennici, 6, 327-334.

(北沢右三 訳 : フィンランドにおける森林施業が針葉樹林の土壌の節足動物, 環形動物および
線虫類の個体数に与える効果 林野庁 1971)

森林タイプ	場 所	調査月日	標 高 m	温度指数	土 壌 型	A_0 g/m ²	N_0 g/m ²	Biomass g/m ²	N_0 g/m ² ミミズ	Biomass g/m ²	掘りとり深さ	備 考
ハイマツ $n=4$	大 雪 山	VII. 70	1600	18.7		7506	56	0.808	1.2	0.444	A_0 , 0-30	
ダケカンバ $n=4$	大 雪 山	VII. 70	1320	23.7		1798	304	41020	152.0	37456	A_0 , 0-40	
アカエゾマツ $n=4$	大 雪 山	VII. 70	1100	37.0		2598	174	10044	20.0	8716	A_0 , 0-50	
アカエゾ・トドマツダケカンバ $n=4$	大 雪 山	VII. 70	920	37.0		2351	164	7164	25.2	5116	A_0 , 0-40	
ダケカンバ シラカンバ $n=2$	志 賀 高 原	18. VIII. 69	1700	41.2		5252	252	7776	4.0	4700	A_0 , 0-30	
オオシラビソ $n=1$	志 賀 高 原	17. VIII. 67	1750	41.2	Pd	11436	176	0.412	0	0	A_0 , 0-15	コケ
$n=1$	"	"	"	"	$P_{w(i)}$ I	12412	200	1.308	0	0	A_0 , 0-11	コケ
$n=1$	"	16. IX. 67	"	"	$P_{w(i)}$ I	10696	264	1.672	0	0	A_0 , A_{1+2}	ウラジロカンバ
$n=1$	"	17. X. 67	"	"	$Pd-$ I	4076	152	0.700	0	0		
$n=4$	"	17. X. 67	"	"	$P_{w(i)}$ I	8156	228	3.120	6.0	1.675	"	ササ
$n=5$	"	18. X. 67	"	"	$P_{w(i)}$ I	5064	93.6	0.579	3.2	0.179	"	コケ
$n=10$	"	VI. 69	"	"			158.6	1.284	2.4	0.268	"	ササ
"	"	VI. 69	"	"			131.2	0.576	0	0	"	コケ
"	"	VIII. 69	"	"			161.6	2.020	5.2	0.784	"	ササ
"	"	VIII. 69	"	"			96.4	0.528	2.8	0.056	"	コケ
"	"	X. 69	"	"			92.8	1.716	4.0	0.656	"	ササ
"	"	X. 69	"	"			38.4	0.252	2.0	0.076	"	コケ
カ ラ マ ツ $n=2$	飯 田	26. XI. 69	1000	70.7		866	66	1394	8.0	0.560	A_0 , 0-50	
ストロブマツ $n=4$	飯 田	XI. 69	1000	70.7		1241	110	4132	23	2.199	A_0 , 0-50	
ドイツトウヒ $n=3$	芦 生	VIII. 68	630	90.9		3076	452	8296	104	2.768	A_0 , 0-70	
ブ ナ ノ キ $n=4$	"	VIII. 71	650	90.9	B_0	770	335	12879	27	7.270	A_0 , 0-50	
ブ ナ ノ キ $N=1$	芦 生	25. V. 67	670	90.9	B_0	1170	202	20.975	69	17.774	A_0 , A_1-B_2	
ミズナラ $n=2$	"	15. XI. 67	650	"		1046	374	20.657	32	11.546	A_0 , 0-50	
スギ・ブナ ミズナラ $N=1$	"	22. V. 67	750	"	B_0	687	240	8.609	39	6.359	A_0 , 0-61	
" $N=1$	"	10. VIII. 67	780	"	P_w	3194	195	2.853	8	0.810	A_0 , 0-40	
ゴヨウマツ $n=4$	"	2. VII. 71	450	109.9	B_0-d	9526	134	0.262	0	0	A_0 , 0-30	
スギ		VIII. 71	770	100.0	Pd	2378	170	4.872	7	2.517	A_0 , 0-50	
トチノキ $n=4$		VIII. 71	680	"	B_0	1170	497	26.338	33	19.832	A_0 , 0-50	

森林タイプ	場所	調査月日	標高	温度指数	土壌型	A_0 g/m ²	NO /m ²	Biomass g/m ²	No g/m ² \times Biomass g/m ²	掘りとり深さ cm	備考	
スギ	芦生	24. IV. 67	380	109.9	B ₂	1266	289	7.262	12	1.638	$A_0 \cdot \frac{A_1 - B_2}{0-71}$	g.f 369/m ² g.f 2599/m ²
		N=1	22. XII. 67	380		1181	206	8.183	8	0.741	$A_0 \cdot 0-70$	
		N=1	VIII. 68	380		1312	334	6.637	23	1.001	$A_0 \cdot 0-50$	
		n=4	12. II. 69	292		5.384	12	1.200	$A_0 \cdot 0-70$			
スギ若令林	"	n=4	VIII. 70	420	400	358	13.964	44.0	7.287	$A_0 \cdot 0-50$		
		n=4	VIII. 70	956	409	9.567	32.0	5.364	$A_0 \cdot 0-50$			
スギ造林地	芦生	n=4	VIII. 70	420	158	720	12.512	32	5.800	$A_0 \cdot 0-50$		
		n=6	X. 69	308	12.192	8	2.704	$A_0 \cdot 0-50$				
		n=3	XI. 69	530.7	24.208	50.7	6.304	$A_0 \cdot 0-50$				
		n=8	25. VII. 68	450	520	18.436	34.4	4.948	"			
		n=5	11. IX. 68	556	504	12.812	51.2	5.736	"			
アカマツ	福山	N=1	5. XI. 67	115.9	B ₂	1487	276	4.012	0	0	$A_0 \cdot 0-30$	シダ
		N=1	1137	252		4.656	0	0	"			
		n=2	7. XI. 67	1172		198	3.420	34	2.408	"		
		n=2	7. XI. 67	885		228	6.766	22	5.454	$A_0 \cdot 0-30$		
		n=3	6. XI. 68	940		84	8.138.8	23.5	6.393.2	"		
ミズナラ・イヌシ デ・ウラジロガレ	芦生	n=4	VIII. 70	480	438	843	7.628	26	0.977	$A_0 \cdot 0-50$		
モミ・ツガ	和歌山上湯川	n=7	27. V. 69	700	2208	253.2	11.916	21.6	6.900	$A_0 \cdot 0-50$		
		n=7	6. VIII. 69	2968	219.6	6.036	21.2	2.652	"			
		n=7	12. XI. 69	2692	190.8	3.812	2.8	0.144	"			
シイ・ツバキ	白浜	n=1	5. X. 68	50	728	144	14.4960	44	13.8012	$A_0 \cdot 0-40$		
		n=2	25. VII. 69	355	242	8.6864	82	8.0930	$A_0 \cdot 0-50$			
シイナギ・クスノキ	"	n=2	X. 70	10	600	1432	4.9592	84	3.4776	"		
シイ・タイミンタチサ	"	n=4	XI. 70	50	570	338	10.1500	141	9.4188	"		
シイ・クスノキ	"	n=3	19. V. 71	10	865	53.741	56	3.5035	$A_0 \cdot 0-50$			

森林タイプ	場所	調査月日	標高 m	温度指数	土壌型	A_0 g/m ²	NO /m ²	Biomass g/m ²	No g/m ² ミミズ	Biomass g/m ²	掘りとり深さ	備考
ススキ	芦生	11. VIII. 67	640	90.9	B1-	1665	261	23.909	36	19.909	A_0 , 0-50	
"	"	11. XI. 67	"	"	"	3089	366	44.486	162	36.806	A_0 , 0-60	
テーターマツ n=2	白浜	5. X. 68	30			1914	230	23.556	88	21.838	A_0 , 0-30	
" n=2	"	4. X. 67	"			674	144	1.426	12	0.718	A_0 , 0-15	
" n=3	"	6. X. 67	"			678	113	3.765	22	2.144	"	
" n=3	"	6. X. 67	"			1536	304	6.263	60	3.312	"	
スラッシュマツ	白浜	5. X. 68	30			800	94.8	42.732	14.8	3.512	A_0 , 0-30	密度 2500/ha
"		6. X. 68	"			1312	120.0	11.496.0	49.2	10.620	"	5000/ha
"		"	"			1812	204.0	146.236.0	76.0	143.889.2	"	10000/ha
"		"	"			732	100.0	20.420	81.2	20.280.0	"	
Deciduous Diptocarps N=14	Thailand	XI. '63 ~1.64				114	67.9	1.335	0.3	109.6	A_0 , 0-10	
Dry EverGreen N=14	"	"				473	123.4	2.822	0.7	173.9	A_0 , 0-10	
Tropical Ever Green Forest N=9	"	"				352	88.2	13.305	21.3	8757.2	A_0 , 0-10	

nは(50cm×50cm)のquadrant

Nは(1m×1m)のquadrant